N° 7 15 AVRIL 1930

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : Louis OLIVIER (1890-1910) — DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS (1910-1923)

DIRECTEUR : Louis MANGIN, Membre de l'Institut, Directeur du Muséum national d'Histoire Naturelle

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. CH. DAUZATS, 8, place de l'Odéon, Paris, — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Art de l'Ingénieur.

Les matériaux calorifuges et leur emploi dans l'industrie.

La nécessité de réduire au minimum les prix de revient a conduit à une lutte de plus en plus serrée contre le gaspillage des combustibles. De grands efforts ont été faits pour augmenter le rendement des chaudières, améliorer le cycle thermique dans les installations à vapeur, pour assurer une combustion complète dans les foyers etc..., mais tous les efforts seraient restés vains, si l'on n'avait pas étudié en même temps les moyens de supprimer ou tout au moins de réduire au minimum les déperditions de chaleur à travers les parois des appareils d'utilisation et les conduites de distribution et cela d'autant plus que dans certaines industries on a tendance à utiliser la vapeur à des températures de plus en plus élevées. Dans le cas où l'on n'emploie pas la vapeur surchauffée mais seulement la vapeur saturée, l'isolation thermique permet de réduire non seulement la déperdition de chaleur à travers les parois mais aussi celle qui résulte de la condensation de la vapeur dans les tuyauteries. D'après certains auteurs une isolation convenable permettrait de réduire cette condensation à 1/5 de ce qu'elle serait si on laissait simplement le métal nu, exposé à l'air.

L'isolation thermique ne se pose pas seulement dans l'industrie, mais aussi dans les installations privées de chauffage et dans la construction des immeubles; aussi de nombreuses études ont été consacrées à l'utilisation rationnelle des matériaux calorifuges, tandis que les fabricants mettaient au point de nouveaux matériaux susceptibles d'améliorer les résultats, tout en étant d'un emploi facile.

Les matériaux calorifuges, seront, par définition, des corps à conductibilité thermique très faible, mais pouvant résister sans fondre ni se détériorer à des températures élevées et à des variations brusques de température.

La caractéristique essentielle d'un calorifuge est son coefficient de conductibilité thermique, coefficient que l'on évalue par la quantité de grandes calories écoulées en une heure par mètre carré de surface d'une paroi de un mètre d'épaisseur et par degré centigrade de différence de température entre les deux faces de la parois. Ce coefficient qui peut dépasser 200 ou 300 pour les matériaux bons conducteurs de la chaleur, doit être très inférieur à l'unité pour les matériaux calorifuges; pour ceux-ci il se trouve généralement compris entre 0,02 et 0,15; d'ailleurs le meilleur des matériaux calorifuges étant l'air (0,02), un calorifuge sera d'autant plus efficace qu'il sera plus poreux, c'est-à-dire qu'il contiendra plus d'air et par conséquent qu'il aura la plus faible densité. Si une faible densité, due à ce que la matière considérée contient un grand nombre de petites cellules remplies d'air, entraîne un faible coefficient de conductibilité, elle est d'autre part avantageuse, en ce qu'elle permet de ne pas surcharger outre mesure les canalisations qu'il s'agit de calorifuger.

Indépendamment de ces qualités, les matériaux calorifuges doivent être incombustibles aux températures auxquelles ils sont utilisés, imputrescibles et capables de résister aux agents destructeurs chimiques (tels que vapeurs, acides) ou physiques (tels que

trépidations et chocs) avec lesquels il faut toujours compter dans une installation industrielle.

Les principaux matériaux calorifuges employés actuellement sont le kieselguhr ou silice fossile, la magnésie, l'amiante et la cellulose, ce dernier corps étant utilisé sous des formes extrêmement variées — liège, sciure de bois, laine, bourre de soie, etc. — il faut ajouter à cette liste des matériaux plus récents, tels que le béton cellulaire obtenu en gâchant du mortier de ciment avec une mousse, le verre filé qui a permis d'obtenir certains calorifuges à coefficient de conductibilité très réduit (0,03) et la laine de scories, obtenue par injection d'air comprimé ou de vapeur dans des coulées de scories métallurgiques.

Pratiquement, les divers matériaux calorifuges sont utilisés seuls ou en combinaison, sous des formes assez diverses variant d'ailleurs avec les maisons spécialisées dans les travaux de ce genre et les caractéristiques des installations : cordes et bourrelets isolants, plaques, coquilles, briques agglomérées, enduits isolants, etc... D'ailleurs il arrive fréquemment que pour une même isolation, on utilise simultanément plusieurs types de matériaux en couches successives.

Les enduits calorifuges sont le plus souvent à base de kieselguhr ou terre d'infusoires, roche siliceuse pulvérulente provenant de la fossilation d'animaux microscopiques de l'époque tertiaire, les diatomées. Le kieselguhr se trouve dans le sous-sol en gisements importants; il en existe quelques-uns en France mais les principaux se trouvent en Algérie. La densité de cette roche peut descendre jusqu'à 0,115 mais sa porosité peut encore être augmentée par calcination à une température d'environ 600°. Pour l'exécution des enduits calorifuges, le kieselguhr n'a pas une plasticité suffisante pour être utilisé seul et on doit lui adjoindre une matière liante qui est le plus souvent constituée par des fibres d'amiante, le mélange de kieselghur et d'amiante se gâche avec de l'eau et s'applique en couches minces superposées sur la paroi à calorifuger.

Le kieselguhr se prête également à la fabrication de produits agglomérés, tels que briques, panneaux, blocs, coquilles que l'on cuit à température élevée (1.000°); il permet de réaliser toute une gamme de produits dont le coefficient de conductibilité varie de 0,05 à 0,12; parfois on diminue la densité des agglomérés en ajoutant à la pâte de petits éléments de liège qui se consument pendant la cuisson.

La magnésie, employée sous forme de carbonate de magnésie, permet de constituer d'excellentes isolations, son coefficient de conductibilité n'étant que de 0,04, mais ce corps ne peut guère être employé pour les températures supérieures à 300°.

L'amiante n'est qu'un calorifuge fort médiocre mais elle est avantageusement employée avec d'autres calorifuges dans des compositions où elle joue un rôle de liant ou d'armature ; elle est particulièrement intéressante par sa résistance aux températures élevées.

Le liège aggloméré ne peut guère être employé au delà de 120°, sous peine de le voir se calciner et se pulvériser; il ne peut donc rendre de services que pour l'isolation de conduites d'eau chaude et de vapeur à basse pression; il est généralement présenté sous forme de panneaux ou de coquilles dont l'agglomération est obtenue soit avec un agglomérant (brai ou caséate de chaux), soit par simple compression.

Les cordes calorifuges sont constituées par des tresses de jute pour les basses températures, et d'amiante pour les hautes températures, avec insertion de liège granulé ou de terre d'infusoires, quant aux bourrelets de soie qui sont livrés sous forme de boudins, ils sont surtout utilisés dans les installations de chauffage central.

Le béton cellulaire se prête à l'obtention de toute une gamme de densités et, par conséquent, de coefficients de conductibilité; on peut faire varier sa densité de 0,9 à 0,3; à cette dernière correspond un coefficient de conductibilité de 0,06.

Pour réaliser une isolation thermique efficace, il faut tout d'abord faire un choix rationnel parmi les matériaux calorifuges que nous venons de passer en revue, choix pour lequel il faut se guider non seulement sur les considérations de conductibilité thermique et de densité mais aussi sur celles de résistance à la chaleur, aux variations de température et aux agents destructeurs. D'autre part, le calcul de l'isolation doit être conduit différemment, suivant qu'il s'agit de surfaces planes ou de tuyaux; dans ce dernier cas en effet, il importe de ne pas considérer seulement l'épaisseur de la couche isolante mais aussi l'augmentation de diamètre résultant de l'épaisseur de cette couche. En considérant simultanément ces facteurs, on peut d'ailleurs se rendre compte que l'isolation n'est pas toujours intéressante. C'est ainsi que dans le cas de toute petite conduite à haute température, l'adjonction d'un calorifuge peut augmenter la perte de chaleur du fait de la plus grande surface offerte au refroidissement. Ceux qui veulent réaliser d'une manière empirique une isolation thermique commettent d'ailleurs fréquemment une erreur du même genre, en se contentant de mesurer la température extérieure du revêtement sans tenir compte du diamètre.

En réalité, le calcul d'un calorifuge doit être fait avec précision, en tenant compte non seulement des caractéristiques de la matière ou des matières employées mais aussi du débit de vapeur, des chutes successives de température et surtout de la valeur de la calorie, valeur qui est loin d'être la même en tous les points d'un cycle thermique; c'est ainsi que dans le cas d'une conduite de vapeur surchauffée la perte de chaleur, en abaissant la température, diminue le rendement de la turbine; de telle sorte que les calories perdues de cette manière ont une valeur très supérieure à la valeur moyenne des calories sortant de la chaudière. De telles considérations ont conduit à envisager une nouvelle notion, celle « d'épaisseur économique du calorifuge » qui se calcule d'après les données générales du problème : prix du calorifuge, valeur de la calorie, diamètre

du tuyau, diamètre de l'enveloppe calorifuge, coefficient de transmission, coefficient de convection, etc.

Mais de toute manière, il y a toujours avantage à utiliser des calorifuges à coefficient de conductibilité très faible et une enveloppe même très épaisse en matière calorifuge de qualité inférieure est toujours moins efficace qu'une enveloppe d'un calorifuge à faible coefficient de conductibilité thermique.

Il s'agit là comme on le voit de problèmes assez complexes.

L. P.

(*)
**

Le premier Congrès international de la sécurité aérienne.

Un Congrès concernant les recherches scientifiques et techniques destinées à accroître la sécurité aérienne se tiendra à Paris, du 10 au 23 décembre 1930, sous le patronage du Ministère de l'air, à l'occasion de la prochaine exposition internationale de la navigation aérienne.

Organisée par le Comité français de propagande aéronautique cette manifestation aura comme commissaire général M. Brunat du ministère de l'Air.

Au cours d'un déjeuner offert le 18 février dernier par le Comité de propagande aux membres de la Presse technique, M. Brunat a défini le caractère du prochain congrès.

« Quand on examine, a-t-il dit, les problèmes posés par les accidents on s'aperçoit qu'ils peuvent être résolus — on s'aperçoit aussi qu'en leur donnant une solution on résout, dans le même temps, une question d'économie. On s'aperçoit encore que, par une action bien menée, l'avion pourrait présenter d'ici à quelques années une sécurité et une économie comparables à celles que nous offre l'automobile.

« L'accroissement de la sécurité et de l'économie de la navigation aérienne est bien un problème d'intérêt général. Le problème déborde les frontières. Aux organisations nationales, qu'il y a intérêt de pousser aussi loin que possible, il convient d'ajouter une collaboration internationale étroite et loyale. L'accident d'aéronautique est un mal dont toutes les nations souffrent au même titre. Elles doivent unir leurs efforts pour y faire face comme elle font face à un danger commun. »

Pour terminer, M. Brunat a fait connaître que le maréchal Lyautey présidera le premier Congrès de la sécurité aérienne auquel plusieurs nations ont déjà donné leur adhésion et dont M. Soreau dirigera les travaux techniques.

F. M.

§ 2. — Géographie.

Le banc de pêche de Saya de Malha (Océan Indien).

Il existe dans l'Océan Indien des îlots et des bancs sous-marins dont on parle rarement et qui sont cependant extrêmement intéressants par les productions qu'ils peuvent donner, sans compter l'attrait qu'ils offrent à la curiosité des voyageurs, fort rares il est vrai, qui les visitent. Qui donc, même parmi les marins et les passagers habituels des lignes de l'Océan Indien ou d'Australie, a fait escale à l'île d'Agaléga? Les cartes du Service hydrographique de la marine portent, à côté du nom de cette minuscule possession britannique cette savoureuse annotation : « probablement à 10' plus à l'est... ». Cependant, curieux est cet îlot décrit par le capitaine Lionnel[1], avec sa production importante de coprah, produit par le cocotier de Mozambique ou le cocotier des Seychelles.

Dans les mêmes parages se trouve un banc sous-marin, le banc de Saya de Malha situé à 660 milles à l'est-nord-est de Diégo-Suarez et à 210 milles d'Agaléga. Si nous retenons l'attention du lecteur sur ce point de l'océan Indien, c'est pour noter l'importance qu'il peut prendre au point de vue de l'industrie de la grande pêche. Voici en effet ce que nous dit un agronome mauricien, M. P. de Sornay, à ce sujet.

« En 1881, C. Bernard et L. Erhmann, chimistes, affrétèrent au moyen de souscriptions la goélette française « Le Rodolphe », capitaine L. Lions et mirent sept jours pour se rendre de Maurice à Saya de Malha. Ce banc a la forme d'un S d'environ 200 milles de développement longitudinal sur environ 15 milles de largeur moyenne. Sur toute l'étendue de ce plateau sous-marin, mélangé de fonds de sable, de coraux, de goémons, la profondeur varie uniformément entre 12 et 15 brasses. Au nord du banc la profondeur augmente avec une très grande rapidité. Toute la population sous-marine, dit Clare Bernard, est concentrée sur le banc proprement dit, ce qui rend la pêche des plus faciles, en raison de la faible profondeur de l'eau.

« Pendant dix huit jours, dont quatorze seulement ont été consacrés à la pêche, dix hommes, dont 4 saleurs et 6 pêcheurs, ont rempli de poissons, salé au vert, 120 barils de la capacité moyenne de 160 litres, pouvant contenir 320 lbs (145 kilogrammes) de poisson chaque, ce qui fait un total de 20 tonnes (anglaises) avec une moyenne de 300 lbs de poisson (134 kilogrammes) par homme pour chaque jour de pêche. La pêche n'est possible que de septembre à avril. »

M. P. de Sornay, qui fut directeur de la célèbre station agronomique de l'île Maurice après la mort de notre compatriote Ph. Boname, son fondateur, envisage en vue de l'utilisation des poissons comme engrais la pêche à Saya de Malha. A priori cela peut paraître surprenant; mais, d'une part, les produits de la pêche peuvent n'être pas tous de bonne qualité pour l'alimentation (sans compter que les déchets peuvent être importants) et, d'autre part, il faut savoir que la pêche à l'île Maurice est très active. Plus de mille barques de pêcheurs existent dans ce petit pays (alors qu'à La Réunion on n'en compte guère qu'une centaine) et la qualité et la quantité du poisson et des crustacés qui

1. *L'Ile d'Agaléga*, par le Cap. Lionnel, *Soc. d'Edit. Géogr. Mar. et Col.*, Paris, 1924.

apparaissent sur les marchés locaux permettent de dédaigner jusqu'à un certain point les apports de poisson de qualité secondaire. Enfin, il faut considérer que l'île Maurice produit en moyenne 250 000 tonnes de sucre annuellement et que pour obtenir de forts rendements soutenus il est nécessaire d'employer beaucoup d'engrais. Or, la production du fumier sur les plantations est insuffisante et les apports d'engrais d'importation sont nécessaires. Les poissons pêchés sur le banc de Saya de Malha fourniraient un engrais titrant 11 à 12 pour cent d'azote organique et des phosphates entièrement assimilables. Il nous a paru intéressant de montrer par ce cas précis quelles richesses renferment les océans et combien il est regrettable que l'homme n'exploite pas avec plus d'intensité les bancs de poissons gratuitement nourris par « les pâturages de la mer ».

M. R.

***

Le développement des exploitations forestières au Gabon.

On peut dire que, actuellement, la colonie du Gabon vit de sa forêt. Aussi nous semble-t-il intéressant de rappeler le développement chronologique des exploitations forestières dans cette colonie.

De 1899 à 1911, la presque totalité du Gabon fut concédée aux grandes sociétés concessionnaires du type 1899-1900. Au début, c'est du côté du caoutchouc, de l'ivoire, du cacao que ces sociétés trouvèrent leur activité. Puis elles se livrèrent de plus en plus à l'exploitation des bois.

En 1911, les sociétés du littoral gabonais ayant abandonné leurs privilèges de 1899 ne conservèrent que le monopole d'exploitation des bois dans les périmètres anciennement concédés (conventions des 24 février et 8 septembre 1911 : exploitation des bois dans les forêts en bordure des rivières, lacs, lagunes, sur une profondeur de 5 kilomètres à partir des berges).

En 1913, quelques particuliers s'intéressent à l'exploitation rationnelle des bois. D'une manière générale la forêt est exploitée de façon inconsidérée.

En 1914, par les arrêtés du 30 juillet 1914 l'administration se voit dans l'obligation de réglementer la délivrance des permis d'exploitation forestière. La période de la guerre (1914 à 1919) ne voit aucun développement des exploitations forestières.

En 1919, un arrêté du 31 décembre remédie aux inconvénients de la législation de 1914 et réglemente strictement la délivrance des permis d'exploitation forestière.

De 1920 à 1924, l'exploitation forestière s'intensifie de plus en plus, particulièrement en 1924.

Pour éviter la destruction de la forêt, l'administration réglemente de plus en plus strictement l'exploitation des bois et réprime les abus. L'arrêté de septembre 1924 augmente les redevances forestières, et remplace la taxe de repeuplement par une taxe d'abatage.

A partir de 1925, malgré le manque de main-d'œuvre et l'augmentation des redevances forestières, l'exploitation s'intensifie. Pour certaines sociétés du Gabon, les conventions de 1911 sont prorogées jusqu'au 31 décembre 1926 mais on réduit les superficies des régions forestières qui leur sont réservées.

Pour remédier à la crise de la main-d'œuvre, il faut se servir de machines.

Aussi l'arrêté du 28 novembre 1927 prescrit-il l'emploi de moyens mécaniques d'exploitation afin d'économiser la main-d'œuvre dont l'exploitant doit désormais assurer la nourriture par ses propres moyens (plantations et stocks de vivres). On augmente la redevance territoriale. Un droit de transfert est créé qui assure à la colonie une participation aux bénéfices réalisés par les exploitants qui vendent leurs permis de coupe à des prix élevés.

On voit alors de puissantes sociétés s'installer au Gabon. Le nombre des permis de coupe industrielle augmente. Les petits coupeurs se groupent. Bientôt il y aura deux puissants groupements en présence qui disposeront chacun de 60.000 tonnes d'okoumé.

L. P.

***

La carte des Océans.

On sait qu'à la demande du VII[e] congrès de Géographie, en 1899, une carte générale bathymétrique des océans avait été entreprise par le prince Albert de Monaco. Cette carte parut en 1904; elle représentait la bathymétrie des océans mais les continents ne comportaient pas d'indications hypométriques.

Une deuxième édition de cette carte générale vient de paraître enrichie d'une documentation nouvelle et portant le relief des continents.

La carte forme un planisphère de 16 feuilles au 1 : 10.000.000[e] sur l'équateur, établi en projection de Mercator. Le modelé des surfaces, en creux ou en en relief, est donné au moyen de vingt-trois teintes (douze bleues, onze bistres) d'intensité croissante à partir de la ligne des rivages : le relief apparaît ainsi de façon saisissante. Si la collaboration des océanographes les plus éminents a été obtenue pour la documentation océanographique, le relief terrestre, de même, doit toute sa précision scientifique à des géographes éprouvés groupés sous la direction savante de M. Margerie. De plus, cinq fascicules renfermant le répertoire des ouvrages et documents utilisés pour l'hypsométrie et la bathymétrie accompagnent les planches de la carte et constituent un catalogue mondial des sondages et des déterminations d'altitudes.

Cette œuvre est considérable et elle fait le plus grand honneur aux savants français qui l'ont menée à bien : il importe de la faire connaître à tous ceux qui s'intéressent aux questions océanographiques.

M. R.

LA THÉORIE DES FONCTIONNELLES APPLIQUÉE AUX PHÉNOMÈNES HÉRÉDITAIRES

L'étude, que j'ai commencée il y a environ 45 ans, de ce que j'appelais alors des fonctions de lignes, et qui fut désigné plus tard du nom de fonctionnelles, était fondée sur le concept de passage du discontinu au continu (suggéré par le passage analogue qui est à la base du calcul intégral). Cette étude prenait son point de départ dans les procédés du calcul des variations et elle visait à une extension de ce calcul. Une double extension, faut-il dire, puisque d'une part je donnais la plus grande généralité possible au mode de faire dépendre une quantité de toutes les valeurs d'une fonction dans un intervalle donné (tandis qu'en calcul des variations on se limite aux quadratures) et que d'autre part je ne posais aucune limitation pour les problèmes où devaient intervenir les nouveaux éléments introduits, problèmes qui, dans le calcul des variations, sont par contre restreints à la recherche de maxima et minima. La *dérivation* d'une fonction de ligne fut le premier concept établi, dont découla celui de différentielle d'une fonction de ligne ; telle est du moins la marche que je suivis alors, mais aujourd'hui il convient plutôt, comme l'ont observé *Hadamard*, *Fréchet*, *Paul Lévy* et d'autres, qui ont repris l'examen de la question, de partir du concept de différentielle et d'en tirer comme conséquence celui de dérivée.

J'appliquai donc ce concept à l'extension de la série de Taylor, dans le but de jeter les bases de développements analytiques et fonctionnels analogues à ceux que l'on possède pour les fonctions analytiques ordinaires. A ce propos il faut observer que la variété des expressions analytiques propres à représenter les fonctionnelles, dépasse de bien loin l'ensemble des représentations des fonctions ordinaires : ce fait a frappé tous ceux qui ont eu l'occasion de traiter le sujet. J'ai pu, d'autre part, reconnaître aussitôt que les différentielles des fonctions de lignes devaient être classées en diverses catégories suivant qu'elles contenaient ou non des termes où figurent les variations des fonctions (constituant l'élément variable) prises en des points déterminés, ou bien les variations des dérivées des mêmes fonctions, toujours prises en des points déterminés. Le calcul des variations ordinaire en offrait déjà un exemple dans le cas où la variation d'une intégrale simple dépend des variations aux limites. Mais le nouveau concept de fonctionnelle conduisait à de nouvelles formes de différentielles. Nous aurons ultérieurement l'occasion de revenir sur ce point, en mettant en évidence l'importance dans une application de caractère mécanique.

En plus des concepts précédents, les propriétés des dérivées des fonctionnelles qui concernent leur symétrie par rapport aux paramètres dont elles dépendent, et la méthode pour l'intégration d'une différentielle de fonctionnelle (méthode basée sur une extension du théorème de Stokes) constituaient et constituent encore la base de la théorie.

Ces concepts fondamentaux avaient pourtant besoin d'être éclairés par une analyse délicate et subtile. Dans sa belle œuvre sur l'analyse fonctionnelle, *Paul Lévy* a magistralement rempli ce programme, en reprenant et étendant ce qui avait été fait avant lui par *Hadamard* et par d'autres sur ce sujet. Je n'avais pu conduire à terme cette étude critique, mon attention ayant été appelée tout de suite dans d'autres directions : et, en effet, l'application des principes théoriques aux nouveaux problèmes qui se présentaient, les possibilités de traiter des questions qui attendaient depuis longtemps leur solution, retenaient d'abord la curiosité et l'intérêt ; il était donc naturel de laisser à ce moment les parties les plus abstraites de la recherche, en en renvoyant à plus tard l'étude.

*
**

Je ne pense pas qu'il soit opportun d'examiner aujourd'hui les diverses voies dans lesquelles s'est développée l'analyse fonctionnelle. Cela m'entraînerait un peu loin et m'écarterait du sujet que je me suis fixé et auquel je dois me borner, vu le temps dont je dispose. Je ne puis pourtant passer sous silence que l'une des premières applications qui se présenta concernait l'emploi du passage du discontinu au continu pour étendre les problèmes algébriques. Ce furent naturellement les équations intégrales linéaires (extension immédiate des systèmes d'équations du premier degré) qui appelèrent d'abord mon attention et l'un de mes premiers résultats fut leur solution dans les cas les plus simples et élémentaires, en employant pour la première fois le procédé de passage en question. J'ai exposé en détail ce sujet dans mes leçons professées à la Sorbonne il y a seize ans et, dans ces leçons, j'ai mis en lumière aussi bien le con-

1. Conférence faite au Congrès international des mathématiciens, Bologne, 3-10 septembre 1928. — Je suis très reconnaissant à M. J. Pérès de l'Université de Marseille qui a bien voulu la traduire en français. V. V.

cept fondamental qui m'a guidé dans les méthodes, que le lien avec la théorie générale des équations intégrales et d'autres études connexes.

Au moment où je fais allusion ici aux équations intégrales, à leur théorie générale et à son lien avec les méthodes qui s'inspirent du passage du discontinu au continu, ma pensée va à la mémoire révérée d'un mathématicien illustre que nous avons aujourd'hui la douleur de ne pas retrouver parmi nous : *Ivar Fredholm*, à qui va notre souvenir attristé, a grandement honoré cette Ecole Mathématique Suédoise qui, dirigée par *Mittag Leffler*, lui aussi malheureusement disparu il y a un peu plus d'un an, a rendu des services si éminents à l'Analyse mathématique.

Mais les équations intégrales ne furent qu'un premier pas dans le champ des extensions algébriques, domaine dans lequel le professeur *Hilbert* (quinze ans environ après mes premières recherches sur les fonctionnelles) et d'autres après lui, devaient obtenir des résultats si notables.

Les équations intégrales furent en outre une première préparation aux études sur les équations intégro-différentielles et sur les équations aux dérivées fonctionnelles. Bien des questions de Physique et de Mécanique, l'extension de nombreuses recherches classiques amènent à ces nouvelles relations fondamentales de l'analyse fonctionnelle.

Les problèmes dépendant de telles équations se présentèrent d'abord comme questions de caractère particulier; mais une longue expérience enseigne que ce sont précisément ces problèmes particuliers, tirés de l'examen des phénomènes naturels, qui donnent lieu à la création des méthodes analytiques les plus fécondes et les plus susceptibles d'extension dans leur développement — par contre les théories générales posées *a priori* et de façon en quelque sorte artificielle sont souvent moins fécondes.

***

Pour rester strictement dans notre sujet, nous ne parlerons pas des équations qui dépendent de l'extension, étudiée entre autres par *Fréchet*, des méthodes de *Hamilton* et *Jacobi* aux systèmes continus, ni de celles établies par *Hadamard* et *Paul Lévy* pour les fonctions de Green, ni de tant d'autres qui se rattachent aussi aux plus récentes recherches de mécanique ondulatoire. Et, de même, il ne nous sera pas possible de parler des études de *Evans* et de *Pérès*, les tout récents mémoires de *Fantappié* et d'autres auteurs qui ont apporté aussi une contribution utile au calcul fonctionnel. Enfin nous devrons nous borner à citer les études générales sur les espaces abstraits et leurs correspondances, études qui sont parmi les plus larges et les plus compréhensives de la mathématique moderne et dont traite le récent ouvrage de *Fréchet* qui réunit en une vaste synthèse le calcul fonctionnel et l'analyse générale de *Moore*.

Nous aurons par contre à nous arrêter sur les équations intrégo-différentielles qui se présentent dans les problèmes de nature héréditaire.

J'ai déjà eu souvent l'occasion de parler sur ce sujet et j'ai développé les fondements de la théorie mathématique des phénomènes héréditaires dans mes leçons de la Sorbonne.

Un phénomène qui a lieu dans un certain milieu ou au sein d'un système matériel donné est de nature héréditaire quand son mode de devenir à un certain instant est déterminé, non seulement par les conditions du milieu ou du système à cet instant, mais encore par les conditions passées, durant toute une période de temps, du milieu ou du système matériel considéré[1].

Les équations qui règlent les phénomènes non héréditaires sont en général de nature différentielle. Telle qualité appartient encore aux équations qui se rapportent à des phénomènes héréditaires, mais il vient s'y combiner aussi d'autres éléments de nature plus complexe. En effet, comme les phénomènes dépendent alors des états, en nombre infini, traversés par le système aux instants qui ont précédé l'instant présent, il devra exister des actions qui, s'exerçant présentement, ont leur origine dans les conditions qui se sont réalisées durant le passé. Ces actions se calculeront donc au moyen de fonctionnelles, lesquelles à leur tour pourront, dans des cas particuliers, s'exprimer au moyen d'intégrales définies étendues à un intervalle de temps précédant l'instant présent. Les expressions de ces actions, qui apparaissent dans les équations, donneront donc à ces équations un caractère fonctionnel et, dans les cas particuliers auxquels nous venons de faire allusion, leur donneront un caractère intégral, qui vient s'adjoindre au caractère différentiel préexistant : ainsi obtiendra-t-on des équations participant à la fois de la nature des équations différentielles et des équations intégrales, et qui pourront être nommées par suite *équations intégro-différentielles*.

Dans les leçons déjà citées et dans d'autres mémoires, j'ai développé l'étude de divers phénomènes héréditaires de nature mécanique ou physique, phénomènes concernant soit des systèmes à un nombre fini de degrés de liberté, soit des systèmes continus.

L'examen de ces équations a donné lieu à une classification des équations intégro-différentielles, à

1. On doit à M. Picard d'avoir distingué dans la mécanique deux parties, qu'il appelle la *mécanique héréditaire* et la *mécanique non héréditaire*.

la recherche de méthodes pour les intégrer et à l'étude des éléments arbitraires qui en prennent naissance. Plusieurs méthodes classiques, comme celles de Green et celles des caractéristiques, peuvent s'étendre à l'étude des équations intégro-différentielles et on peut en obtenir des solutions analogues aux solutions fondamentales des équations aux dérivées partielles.

*
**

Tout cela constitue la partie mathématique des recherches. Mais celles-ci conduisent à un principe de caractère général dont la portée dépasse beaucoup, à mon avis, le champ analytique proprement dit, tout en ayant de notables répercussions dans ce champ même.

Pour plus de clarté, utilisons le langage mathématique. Appelons q le paramètre dont dépend un certain phénomène et désignons par t le temps. Si nous écrivons

$$F(q(t))$$

nous aurons une quantité qui dépend de la valeur du paramètre à l'instant t (instant actuel). Or

$$q(t-\tau)$$

est la valeur du même paramètre à l'instant $t-\tau$, c'est-à-dire à un instant qui a précédé de τ l'instant actuel t. Par suite

$$(1) \qquad \int_0^{T_0} \Phi(\tau) q(t-\tau)\, d\tau$$

sera une quantité qui dépend de toutes les valeurs du paramètre q pendant la durée T_0 précédant l'instant actuel. C'est une expression particulière propre à représenter une grandeur où se manifeste l'hérédité du paramètre q durant l'intervalle de temps $t-T_0$, t.

D'une manière analogue

$$(1') \qquad aq(t) + \int_0^{T_0} \Phi(\tau) q(t-\tau)\, d\tau,$$

où a désigne une constante, dépendra de la valeur actuelle de $q(t)$ et de l'hérédité laissée par ce paramètre dans l'intervalle de temps $t-T_0$, t.

C'est une expression linéaire, de sorte que l'hérédité correspondante pourra être dite *linéaire*. Dans le cas le plus général, il faudra introduire, au lieu de (1) ou (1'), une fonctionnelle qui dépend de toutes les valeurs de $q(t-\tau)$ pour τ compris entre 0 et T_0; elle s'écrira avec le symbole généralement adopté

$$F[[q(t-\tau)]]_0^{T_0} = F[[q(\tau)]]_{t-T_0}^{t}.$$

Reprenons l'expression (1); si elle représente une action (force), cette action sera accélératrice si Φ est positive, retardatrice si Φ est négative. De plus un élément de l'intégrale

$$\Phi(\tau) q(t-\tau)\, d\tau,$$

peut être considéré comme une composante de l'action totale et, plus précisément, doit être considéré comme représentant la partie de cette action qui dépend de l'hérédité du paramètre t dans l'intervalle de temps $(t-\tau-d\tau,\ t-\tau)$. Nous verrons prochainement comme peut se modifier ce concept de l'action héréditaire élémentaire.

Dans les formules précédentes nous avons tenu compte de l'hérédité en nous limitant à l'intervalle de temps T_0 antérieur à l'instant actuel. Nous avons donc supposé que l'hérédité va se dissipant avec le temps, assez vite pour que l'on puisse admettre que

$$\Phi(t) = o \quad \text{pour} \quad t \geq T_0.$$

Dans un tel cas T_0 se nomme *durée de l'hérédité*.

Mais il peut arriver aussi que l'on ait à tenir compte de l'hérédité même pour des temps infiniment éloignés; alors à l'expression (1) il faudra substituer la suivante :

$$(1'') \qquad \int_0^{\infty} \Phi(\tau) q(t-\tau)\, d\tau$$

qui a une signification analytique bien déterminée pourvu que, pour τ infini, Φ soit un infiniment petit d'ordre assez grand. On pourra faire une remarque analogue dans le cas de l'hérédité non linéaire, et on sera conduit à remplacer la fonctionnelle précédente par

$$F[[q(t-\tau)]]_0^{\infty}.$$

Les formules (1) et (1'') peuvent encore s'écrire sous la forme suivante

$$\int_{t-t_0}^{t} \Phi(t-\tau) q(\tau)\, d\tau \quad , \quad \int_{-\infty}^{t} \Phi(t-\tau) q(\tau)\, d\tau.$$

Comme nous l'avons déjà dit, $\Phi(t-\tau) q(\tau) d\tau$ est la partie d'hérédité laissée à l'instant t par la valeur $q(\tau)$ du paramètre pendant l'intervalle de temps très court $(\tau,\ \tau+d\tau)$. De sorte que, en posant les formules précédentes, nous avons supposé *a priori* que cet élément d'action héréditaire dépend seulement de l'intervalle de temps $t-\tau$ entre l'instant actuel et l'instant . Mais rien ne nous empêche de supposer que le coefficient d'hérédité Φ dépend, non seulement de la distance temporelle $t-\tau$ mais encore de t : il faut alors le désigner par $\Phi(t, t-\tau)$. Nous en arrivons ainsi à considérer le cas où la loi qui régit les influences héréditaires varie avec le temps. Ce que nous venons de dire pour le cas

de l'hérédité linéaire s'applique aussi au cas de l'hérédité non linéaire, cas pour lequel il faut recourir au concept général de fonctionnelle. Ainsi sommes-nous conduits à distinguer deux sortes d'hérédité : celle dont la loi reste invariable avec le temps et celle au contraire qui se modifie avec le temps. Le principe auquel nous faisions allusion plus haut sert précisément à distinguer ces deux espèces d'hérédité, car il s'énonce ainsi : *si à des causes périodiques, de période d'ailleurs arbitraire, correspondent des effets héréditaires périodiques, l'hérédité doit être invariable avec le temps, et réciproquement, si l'hérédité suit une loi invariable, des causes périodiques engendrent toujours des effets périodiques.*

Lorsque causes et effets peuvent se représenter grâce aux deux coordonnées d'un point d'un plan (point représentatif), de telles relations entre eux donnent pour image géométrique un cycle fermé du plan, indéfiniment parcouru par le point représentatif lorsque on suit la marche du temps. Aussi ai-je donné au principe précédent le nom de *principe du cycle fermé*. Les phénomènes susceptibles d'être représentés par des cycles fermés seront réunis sous ce nom et les noyaux $\Phi(t-\tau)$ correspondant à des effets héréditaires de nature invariable seront dits *noyaux appartenant au cycle fermé*. Les phénomènes héréditaires que nous révèle le monde physique appartiennent en général au cycle fermé.

Les cycles contiennent dans certains cas des singularités dues probablement à des causes qui se superposent à la simple hérédité.

Les phénomènes biologiques, bien qu'ils ne puissent pas toujours être définis avec une précision mathématique, ne nous font-ils pas penser eux aussi à une périodicité des effets due à une périodicité des causes? Et, par suite, dans les limites d'une telle périodicité, ne devra-t-il pas se vérifier une invariabilité de la loi héréditaire? Nous nous bornons à ces simples suggestions sans approfondir un sujet qui nous entraînerait très loin.

*
**

Quoi qu'il en soit, il est bien certain que tant que nous nous bornons à étudier des phénomènes physiques de nature héréditaire, nous aurons le droit de faire usage de noyaux appartenant au cycle fermé. Or, nous y avons déjà fait allusion, cela est de grande importance du point de vue analytique. En effet les équations intégrales et intégro-différentielles correspondantes sont susceptibles de méthodes particulièrement simples et élégantes. Pour s'en rendre compte il faut introduire une opération fonctionnelle qui peut s'exprimer, en symboles mathématiques, par la formule

$$\int_x^y f(x,\xi)\varphi(\xi,y)d\xi$$

et que j'ai appelée la *composition* des fonctions f et φ. Cette opération jouit des propriétés associative et distributive. De plus toutes les fonctions pour lesquelles l'opération est aussi commutative *forment un groupe*, et l'opération même engendre de nouvelles fonctions qui appartiennent au groupe, comme lui appartiennent aussi les combinaisons linéaires et à coefficients constants des fonctions considérées. Un tel groupe s'appelle *un groupe de fonctions permutables*. Enfin les équations intégrales et intégro-différentielles, dépendant de noyaux appartenant à un même groupe de fonctions permutables, se résolvent en partant des solutions d'équations algébriques ou différentielles de type classique : il suffira de prendre ces solutions développées en séries de puissances et d'y substituer aux puissances algébriques ce qu'on appelle des puissances de composition. Et, de plus, les solutions des équations intégrales et intégro-différentielles, obtenues au moyen de cette transformation, ont, sur les solutions des équations classiques dont on les déduit, un avantage tout à fait notable, en ce que les séries de composition sont toujours convergentes, même si les séries de puissances dont on est parti avaient seulement un domaine fini de convergence.

Revenons maintenant aux noyaux *du cycle fermé*. Ils forment un *groupe de fonctions permutables* au sens qui vient d'être précisé, de sorte qu'on peut appliquer aux équations intégrales et intégro-différentielles obtenues dans le cas d'une *hérédité invariante*, les méthodes et l'analyse que nous venons d'exposer sommairement; on résout ainsi avec une grande facilité les nombreux problèmes qui se présentent.

Les opérations de composition et les fonctions permutables, à mesure que l'on en examine les propriétés, que l'on approfondit les questions qui s'y rattachent, que l'on examine les extensions qui naissent spontanément de leur étude, donnent lieu à une théorie qui se développe parallèlement à celle de l'algèbre et du calcul infinitésimal classique. M. *Pérès* et d'autres auteurs ont ajouté, à mes recherches premières sur ce sujet, des chapitres intéressants. J'y ai consacré, avec l'auteur précité, un volume qui donne une idée de l'ensemble de ces études.

*
**

Abandonnons ces développements analytiques et revenons à l'examen des questions héréditaires proprement dites; examinons-les même en ce qu'el-

les ont de plus essentiel, c'est-à-dire en nous plaçant au point de vue énergétique.

Je puis dire que c'est là un sujet encore tout nouveau aujourd'hui, puisqu'il a fait l'objet des recherches auxquelles je me suis consacré dans ces derniers temps et dont j'ai publié une partie dans le fascicule III du Tome VII du « Journal de mathématiques ». Quelle forme assume le principe de conservation de l'énergie, lorsque l'on considère des phénomènes de type héréditaire? Parmi les nombreux cas qu'il faut prendre en considération, commençons par celui qui se présente sous la forme la plus simple et la plus élémentaire.

Imaginons un système mécanique à un seul degré de liberté, et dont la configuration soit donc individualisée par un seul paramètre q. Les petits mouvements spontanés d'un tel système dépendront de l'équation différentielle bien connue

$$\frac{d^2q(t)}{dt^2} + a^2q(t) = 0.$$

Si nous supposons que la force vive ou énergie cinétique du système soit

$$\frac{1}{2}\left(\frac{dq(t)}{dt}\right)^2 = \mathrm{T}$$

et le potentiel des forces internes

$$\mathrm{P} = -\mathrm{E} = -\frac{1}{2}a^2q^2,$$

l'équation de la force vive sera de forme

$$d(\mathrm{T} + \mathrm{E}) = 0$$

ou bien

$$\mathrm{T} + \mathrm{E} = \text{constante},$$

$\mathrm{E} = \frac{1}{2}a^2q^2$ exprimant l'énergie potentielle interne du système.

Si, au lieu d'être libre, le mouvement est forcé, l'équation fondamentale s'écrira

$$\frac{d^2q(t)}{dt^2} + a^2q(t) = \mathrm{Q}(t) \tag{2}$$

en désignant par $\mathrm{Q}(t)$ la force extérieure et dans ce cas nous aurons

$$d(\mathrm{T} + \mathrm{E}) = \mathrm{Q}dq.$$

Cette équation exprime que le travail des forces extérieures est employé à accroître l'énergie totale du système, c'est-à-dire la somme de la force vive (énergie cinétique) et de l'énergie interne (énergie potentielle). Supposons maintenant que le système soit soumis à des actions internes héréditaires, et pour considérer le cas le plus simple supposons que ce soient des actions héréditaires linéaires. Nous aurons alors à ajouter l'action héréditaire au terme a^2q qui figure au premier membre. Comme nous l'avons dit précédemment, cette action héréditaire pourra s'écrire

$$\int_0^{\mathrm{T}_0} \Phi(\tau)q(t-\tau)d\tau,$$

en supposant l'hérédité de nature invariable avec le temps et en admettant que T_0 soit sa durée.

Devrons-nous admettre que cette action héréditaire est accélératrice ou retardatrice? Il est facile de se persuader qu'elle agit en sens opposé à l'action interne $a^2q(t)$ de telle sorte que, comme équation générale remplaçant (2), nous devrons prendre

$$\frac{d^2q(t)}{dt^2} + a^2q(t) + \int_0^{\mathrm{T}_0} \Phi(\tau)q(t-\tau)d\tau = \mathrm{Q}(t), \tag{3}$$

où $\Phi(\tau)$ est une quantité essentiellement négative. Posons maintenant

$$a^2 + \int_0^{\mathrm{T}_0} \Phi(\tau)d\tau = m,$$

et l'équation précédente deviendra

$$\frac{d^2q(t)}{dt^2} + mq(t) - \int_0^{\mathrm{T}_0} \Phi(\tau)[q(t) - q(t-\tau)]d\tau = \mathrm{Q}(t). \tag{3'}$$

Un raisonnement très simple nous porte à conclure que m est positif. Si en effet m était nul, en supprimant la force extérieure et prenant $q(t) = q(t-\tau)$ on aurait $q'(t) = o$, tandis que l'équation précédente résulterait $q''(t) = 0$, donc q ne changerait pas de valeur. Si m était négatif, on aurait de même $q''(t) > o$ et par suite q tendrait à croître. L'une ou l'autre des conclusions contredit l'allure des phénomènes héréditaires.

Considérons la fonctionnelle

$$\mathrm{E}_p = \frac{1}{2}mq^2(t) - \frac{1}{2}\int_0^{\mathrm{T}_0} \Phi(\tau)[q(t) - q(t-\tau)]^2d\tau; \tag{I}$$

sa différentielle pourra s'écrire

$$mq(t)\delta q(t) - \int_0^{\mathrm{T}_0} \Phi(\tau)[q(t) - q(t-\tau)]d\tau.\delta q(t) + \int_0^{\mathrm{T}} \Phi(\tau)[q(t) - q(t-\tau)]\delta q(t-\tau)d\tau.$$

Le premier terme qui, dans la classification des différentielles des fonctionnelles dont nous avons parlé plus haut, prend le nom (donné par M. Paul Lévy) de *partie irrégulière de la différentielle*, est le produit de la force totale interne actuelle changée de signe par la différentielle $\delta q(t)$ du déplacement actuel. Nous pourrons donc nommer $-\mathrm{E}_p$ le *potentiel de l'ensemble de toutes les actions internes*.

E_p est une fonctionnelle qui dépend de l'état actuel du système et de tous les états qu'il a traversés pendant l'intervalle de temps T_0 qui a précédé l'instant actuel. Or, du point de vue héréditaire, le système se trouve dans les mêmes

conditions en deux instants différents lorsque, non seulement les paramètres qui définissent l'état du système ont les mêmes valeurs en ces deux instants, mais que de plus les valeurs des paramètres coïncident entre elles pendant les deux intervalles de temps, d'amplitude T_0, qui précèdent les instants en question. E_p est donc une fonctionnelle qui reprend sa valeur initiale lorsque le système revient, du point de vue héréditaire, aux mêmes conditions initiales.

Dans l'équation (3') la force interne actuelle est écrite sous la forme

$$-mq(t) + \int_0^{T_0} \Phi(\tau')[q(t) - q(t-\tau)]d\tau ;$$

or cette expression peut s'interpréter en disant que la contribution de force interne actuelle provenant de l'intervalle de temps $(\tau, \tau+d\tau)$ est donnée par

$$\Phi(\tau)[q(t) - q(t-\tau)],$$

c'est-à-dire est proportionnelle à la différence entre la valeur actuelle du paramètre q et sa valeur à l'instant $t-\tau$. Cela modifie le concept d'action élémentaire héréditaire que nous avions précédemment exposé. Mais ce fut précisément cette modification du concept primitif de *contribution élémentaire héréditaire*, à laquelle il a déjà été fait allusion plus haut, qui donna lieu aux plus fécondes conséquences.

Nous avons dit que $\Phi(\tau)$ doit être supposée négative, mais il faut rappeler aussi une autre hypothèse sur cette quantité. Comme l'action héréditaire doit s'éteindre avec le temps, la valeur absolue de $\Phi(\tau)$ doit aller continuellement en décroissant avec τ croissant; nous pourrons donc écrire

$$\Phi(\tau) < 0 \quad , \quad (0 \leq \tau < T_0) \quad ; \quad \Phi(T_0) = 0 \quad ;$$
$$\Phi'(\tau) > 0 \quad (0 < \tau < T_0).$$

*
**

Nous avons maintenant tous les éléments pour établir la relation énergétique fondamentale, et nous ferons usage pour l'obtenir d'un artifice qui m'a été suggéré par une étude de nature diverse (bien que rentrant, elle aussi, dans le champ des questions héréditaires).

Il est possible en effet de construire sur des bases mathématiques une théorie des fluctuations qui s'observent dans les nombres d'individus d'espèces biologiques différentes, lorsque, vivant dans une même ambiance, elles exercent les unes sur les autres des actions d'aide ou de destruction, lorsque, par exemple, quelques-unes des espèces se nourrissent des individus des autres, ou se disputent une même nourriture. Un premier examen conduit à régler de telles fluctuations par des équations différentielles ,non pas identiques, mais assez semblables à celles de la dynamique classique. Un examen plus profond conduit par contre à reconnaître un caractère héréditaire dans les actions qui sont en jeu. Et, en effet, la plus ou moins grande quantité de nourriture ingérée aujourd'hui par les individus d'une espèce, a une action qui se manifeste seulement après un certain temps sur la quantité et la qualité des individus de l'espèce en question.

On est ainsi conduit à modifier les équations primitives (de nature différentielle) en les remplaçant par des équations intégro-différentielles. Les lois des fluctuations qui se déduisent des équations différentielles se conservent pour une part, mais pour une part se modifient, les modifications nécessaires pouvant être reconnues par l'emploi de quelques artifices analytiques.

Ces mêmes artifices peuvent être employés (et peut-être avec encore plus d'efficacité) dans le cas de la dynamique héréditaire ordinaire et aussi dans l'étude d'autres phénomènes physiques, toujours de nature héréditaire. Nous en ferons usage ici pour obtenir le principe énergétique que nous voulons établir.

*
**

Reprenons à cet effet l'équation (3'). Pour obtenir le travail de la force extérieure Q durant l'intervalle élémentaire de temps dt, nous aurons à calculer

$$Q(t)q'(t)dt$$

qui se met sous la forme

$$q''(t)q'(t)dt + mq(t)q'(t)dt$$
$$- q'(t)dt \int_0^{T_0} \Phi(\tau)[q(t) - q(t-\tau)]d\tau.$$

Les deux premiers termes, comme il résulte très facilement de l'analyse qui conduit au principe des forces vives, sont deux différentielles exactes et donnent dans leur ensemble

$$d\,\frac{1}{2}[q'^2(t) + mq^2(t)].$$

Le troisième terme n'est pas une différentielle exacte, mais diffère de

$$d\left[-\frac{1}{2}\int_0^{T_0} \Phi(\tau)[q(t) - q(t-\tau)]^2 d\tau\right],$$

par la quantité

$$dt \int_0^{T_0} \Phi(\tau)[q(t) - q(t-\tau)]\,\frac{dq(t-\tau)}{dt}\,d\tau.$$

Or cette dernière expression peut s'écrire

$$dt\,\frac{1}{2}\int_0^{T_0} \Phi(\tau)\,\frac{d[q(t) - q(t-\tau)]^2}{d\tau}\,d\tau,$$

et, après une intégration par parties, en observant que $\Phi(T_0) = 0$, et que pour $\tau = 0$,

$$q(t) - q(t - \tau) = 0$$

elle donne

$$- dt \cdot \frac{1}{2}\int_0^{T_0} \Phi'(\tau)[q(t) - q(t-\tau)]^2 d\tau.$$

Nous obtenons donc finalement

$$d\left\{\frac{1}{2}q'^2(t) + \frac{1}{2}mq^2(t) - \frac{1}{2}\int_0^{T_0}\Phi(\tau)[q(t) - q(t-\tau)]^2 d\tau\right\}$$
$$+ dt \cdot \frac{1}{2}\int_0^{T_0}\Phi'(\tau)[q(t) - q(t-\tau)]^2 d\tau = Q(t)dq(t),$$

et puisque (cf. (I))

$$\frac{1}{2}q'^2(t) = T \quad , \quad \frac{1}{2}mq^2(t) - \frac{1}{2}\int_0^{T_0}\Phi'(\tau)[q(t) - q(t-\tau)]^2 d\tau = E_p,$$

nous aurons enfin

$$d(T + E_p) + E_d dt = Q(t)dq(t)$$

en posant

$$E_d = \frac{1}{2}\int_0^{T_0}\Phi'(\tau)[q(t) - q(t-\tau)]^2 d\tau.$$

Mais E_d est une quantité positive, donc le travail des forces extérieures surpasse toujours l'accroissement de la quantité

$$T + E_p.$$

Si nous écrivons $T + E_p = E_m$ et que nous intégrions l'équation précédente entre deux instants t_0 et t, il viendra

$$\text{(III)} \qquad E_m - E^\circ_m + \int_{t_0}^{t} E_d dt = L,$$

où E_m et E°_m sont les valeurs de E_m aux instants t et t_0 et où L est le travail correspondant des forces extérieures.

L'équation (III) est *l'équation fondamentale énergétique que nous avions en vue.*

Soit *par définition* E_p *l'énergie potentielle interne* et E_m *l'énergie mécanique.* Nous aurons alors le principe énergétique suivant :

Le travail des forces extérieures dépasse toujours la variation de l'énergie mécanique d'une quantité positive.

Si L est positif, cette loi prend l'énoncé :

Le travail des forces extérieures ne se transforme pas complètement en énergie mécanique; il y a toujours un résidu positif de ce travail qui ne correspond à aucune acquisition d'énergie mécanique.

Si les forces extérieures manquent (et par suite $L = o$), l'énergie mécanique diminue constamment et si le travail des forces extérieures est négatif, l'énergie mécanique ne se transforme qu'en partie en travail externe.

***

Supposons maintenant que le système revienne après un certain temps aux conditions initiales (du point de vue héréditaire), alors l'énergie potentielle reprendra sa valeur primitive, de sorte que, *si à la fin d'une certaine période de temps, le système revient, du point de vue héréditaire, aux conditions initiales, les forces extérieures ont effectué un travail positif.* Dans ce cas rien n'a changé au point de vue mécanique dans le système, de sorte que ce travail positif est un travail *dissipé* du point de vue mécanique. Il se calcule immédiatement à partir de (III) en prenant $E_m = E^\circ_m$, et est donc égal à

$$\int_{t_0}^{t} E_d dt.$$

Bien entendu, d'après le principe général de la conservation de l'énergie, *ce travail dissipé doit s'être transformé en une autre forme d'énergie.*

On peut alors se poser la question suivante : si le cycle parcouru par le système n'est pas fermé, c'est-à-dire si le système ne revient pas à l'instant t aux mêmes conditions (du point de vue héréditaire) dans lesquelles il se trouvait à l'instant t_0, la quantité

$$\int_{t_0}^{t} E_d dt$$

représentera-t-elle toujours une quantité de travail mécanique transformé en d'autres formes d'énergie? Nous ne pouvons l'affirmer. Il faut à cet égard bien comprendre le contenu des termes dont nous avons fait usage. C'est seulement *par définition*, comme il est indiqué explicitement plus haut, que E_p a été appelé *énergie potentielle interne* et E_m *énergie mécanique.* Ce qu'il importe de mettre en lumière c'est que de telles définitions sont compatibles avec les principes de l'énergétique, et que nous avons établi *l'existence d'une fonctionnelle, dont la forme analytique a été explicitée, dépendante des conditions héréditaires du système et telle que le travail des forces extérieures dans le passage d'un état à un autre dépasse toujours la variation correspondante de cette fonctionnelle.*

La fonctionnelle considérée n'est pas la seule qui jouisse de cette propriété.

***

Le résultat obtenu a de nombreuses conséquences et on peut aussi en obtenir de notables extensions.

On démontre tout d'abord que *les mouvements*

spontanés sont limités et vont en s'amortissant indéfiniment, ou bien par des oscillations, ou bien par des mouvements asymptotiques.

On peut ensuite étendre les résultats au cas d'un système ayant un nombre quelconque de degrés de liberté. L'extension ne peut se faire que par une analyse délicate, introduisant de nouvelles conditions et de nouveaux postulats qui généralisent et complètent ceux que nous avons posés dans le cas d'un seul degré de liberté. Les systèmes continus eux aussi peuvent s'étudier du même point de vue. En particulier il est intéressant de faire l'étude des solides élastiques en tenant compte de l'hérédité. La méthode qui conduit à la relation énergétique fondamentale ne diffère pas essentiellement de celle dont nous venons d'exposer les points essentiels.

En plus de l'équation énergétique, que nous avons formée précédemment, on peut obtenir d'autres relations. Cela se rattache à quelques considérations générales sur l'hérédité, que nous rapporterons brièvement.

Soit ρ un paramètre dont la valeur à l'instant t dépend linéairement et héréditairement du paramètre q, de telle sorte que

$$(4) \qquad \rho(t) = aq(t) + \int_{-\infty}^{t} q(\tau)\Phi(t-\tau)d\tau.$$

La fonction $q(\tau)$ définit l'*histoire* du paramètre q (histoire primitive) et la fonction $\rho(t)$ définit l'*histoire* du paramètre ρ (histoire héréditaire). Dans ce cas l'hérédité se dit *complète*. Lorsque Φ s'annule pour des valeurs de l'argument égales ou supérieures à T_0, l'hérédité est, comme nous l'avons vu précédemment, *limitée à la durée* T_0 et nous avons

$$(4') \qquad \rho(t) = aq(t) + \int_{t-T_0}^{t} q(\tau)\Phi(t-\tau)d\tau.$$

Si l'hérédité antérieure à un instant t_0 est négligeable, l'équation (4) prendra la forme

$$(4'') \qquad \rho(t) = aq(t) + \int_{t_0}^{t} q(\tau)\Phi(t-\tau)d\tau.$$

Dans ce cas l'hérédité sera dite *postérieure* à l'instant t_0 et l'équation intégrale précédente pourra être résolue et on en tirera

$$q(t) = \frac{1}{a}\rho(t) + \int_{t_0}^{t} \rho(\tau)\varphi(t-\tau)d\tau,$$

φ étant le *noyau résolvant* de l'équation (4''). On constate donc que, de même que *l'histoire primitive postérieure à* t_0 *déterminait l'histoire héréditaire*, de même *l'histoire héréditaire postérieure à* t_0 *détermine l'histoire primitive.*

L'hérédité postérieure à t_0 peut donc s'inverser de façon complète et on peut considérer q comme dépendant héréditairement de ρ.

Des propriétés analogues ne se vérifient pas lorsque l'hérédité est complète ou limitée; alors, par exemple, à une même histoire héréditaire peuvent correspondre plusieurs histoires primitives, à moins que l'on n'impose quelques conditions restrictives.

Le fait que l'hérédité primitive est postérieure à t_0 n'exclut pas qu'elle puisse être aussi limitée à une certaine durée T_0, mais l'hérédité inversée peut très bien n'être pas limitée à la durée T_0, et n'être même limitée en aucune façon.

Toutes ces diverses propriétés et classifications de l'hérédité conduisent à des formes diverses d'équations énergétiques.

Ainsi on peut étendre la relation énergétique obtenue précédemment au cas de l'hérédité postérieure à un certain instant, puis, par inversion de l'hérédité obtenir une relation de forme différente.

Comme exemple d'une autre forme de relation énergétique, examinons les phénomènes électromagnétiques de nature héréditaire.

Partons des équations fondamentales de *Maxwell* dans le cas le plus simple des milieux isotropes et homogènes. Pour passer du cas ordinaire à celui où l'on tient compte de l'hérédité, on peut remplacer les deux relations

$$P_e(t) = \varepsilon F_e(t) \quad , \quad P_m(t) = \mu F_m(t),$$

où P_e et P_m désignent les vecteurs *polarisation électrique* et *magnétique* et F_e et F_m les vecteurs *force électrique* et *force magnétique* à l'instant t, par les relations de type intégral

$$P_e(t) = \varepsilon F_e(t) + \int_0^{T_0} \mathcal{F}(\tau)F_e(t-\tau)d\tau,$$

$$P_m(t) = \mu F_m(t) + \int_0^{T_0} \Phi(\tau)F_m(t-\tau)d\tau.$$

Dans ces équations les coefficients d'hérédité $\mathcal{F}(\tau)$ et $\Phi(\tau)$ doivent être positifs et décroissants et s'annuler pour $t = T_0$, en admettant que T_0 soit la durée de l'hérédité lorsque l'on assume comme histoire primitive celle de la force électrique et de la force magnétique et comme histoire héréditaire celle des polarisations correspondantes.

En substituant dans les équations de *Maxwell* les expressions précédentes des polarisations, on a immédiatement les équations intégro-différentielles qui régissent l'électromagnétisme dans le cas héréditaire.

Maintenant, pour établir la loi fondamentale énergétique, on pourra appliquer aux équations de *Maxwell* le procédé bien connu de *Poynting.*

Il faut alors calculer la somme des produits scalaires

$$\frac{dP_e}{dt} \times F_e \qquad \frac{dP_m}{dt} \times F_m$$

laquelle s'exprime, calculs et transformations nécessaires effectués, par la formule

$$\frac{d}{dt}(E_e + E_m) - E_d$$

où l'on a posé

$$E_e = \frac{\varepsilon}{8\pi} F_e^2 + \int_0^{T_0} \frac{\mathcal{F}(\tau)}{8\pi} F_e^2(t-\tau)d\tau$$

$$E_m = \frac{\mu}{8\pi} F^2_m + \int_0^{T_0} \frac{\Phi(\tau)}{8\pi} F_m^2(t-\tau)d\tau$$

$$E_d = -\frac{1}{8\pi}\int_0^{T_0} \Big\{ \mathcal{F}'(\tau)[F_e(t-\tau) - F_e(t)]^2 + \Phi'(\tau)[F_m(t-\tau) - F_m(t)]^2 \Big\} d\tau$$

et où, par

$F_e^2(t)$, $F_m^2(t)$, $[F_e(t-\tau) - F_e(t)]^2$, $[F_m(t-\tau) - F_m(t)]^2$,

s'entendent respectivement les carrés des tenseurs des vecteurs

$F_e(t)$, $F_m(t)$, $F_e(t-\tau) - F_e(t)$, $F_m(t-\tau) - F_m(t)$.

Si *par définition*, nous appelons E_e *l'énergie potentielle unitaire électrique* et E_m *l'énergie potentielle magnétique*, tandis que nous nommons E_d *l'énergie de dissipation électromagnétique unitaire due à l'hérédité*, ces quantités seront toutes positives et le flux d'énergie électromagnétique qui pénètre pendant l'intervalle de temps (t_o, t) à travers le contour d'un champ (S) sera égal à

$$\int_S (E_e + E_m)dS - \int_S (E^o_e + E^o_m)dS + \int_{t_o}^{t} dt \int_S E_d dS + J,$$

en désignant par J la quantité de chaleur (mesurée en énergie mécanique) et en mettant l'indice O pour distinguer les valeurs initiales (au temps t_o) de E_e et E_m. On a donc le théorème suivant : *le flux d'énergie électromagnétique à travers le contour d'un champ surpasse d'une quantité positive la somme de l'énergie Joule et de l'accroissement d'énergie électromagnétique du champ, ou, en d'autres termes, une partie seulement de l'énergie électromagnétique qui passe à travers le contour accroît l'énergie électromagnétique du champ et se transforme en chaleur (effet Joule).* La partie qui se dissipe (et qui en général sera transformée elle aussi en chaleur) est donnée par la formule

$$\int_{t_o}^{t} dt \int_S E_d dS.$$

Cela peut être assuré au moins toutes les fois que le système revient, au point de vue héréditaire, dans ses conditions initiales.

D'ailleurs, faisant abstraction des définitions attribuées à E_e E_m E_d, dans ce cas encore est établie *l'existence d'une fonctionnelle dépendant des conditions du système au point de vue héréditaire et dont les variations pendant tout intervalle de temps, ajoutées à l'énergie Joule correspondante, sont toujours dépassées par l'énergie électromagnétique qui pénètre dans le champ à travers son contour.*

Cette fonctionnelle n'est pas la seule qui jouisse de cette propriété. On pourrait en effet en calculer une autre (analogue à celle que nous avons obtenue pour les systèmes dynamiques) et qui en diffère en ce que, dans la première figurent seulement les valeurs qui fixent l'état du système pendant la période de durée de l'hérédité, tandis que dans la seconde figurent les différences des valeurs des mêmes éléments, pris à l'instant présent et à un instant passé.

*
**

Tout ce que nous avons dit jusqu'à présent concernant l'énergétique héréditaire se réfère au cas où l'hérédité est *linéaire*. Il est de très grand intérêt de voir maintenant si les principes établis peuvent s'étendre au cas de l'hérédité *non linéaire*. Une telle extension ne concerne évidemment que le cas des systèmes dynamiques, puisque pour l'électromagnétisme il convient de s'en tenir au cas linéaire.

En examinant l'extension en question du point de vue analytique, on reconnaît facilement qu'elle conduit à un emploi des méthodes du calcul fonctionnel et de ses éléments fondamentaux, emploi beaucoup plus large que celui qui a été fait jusqu'à présent.

C'est peut-être l'exemple le plus instructif que l'on ait de leur usage, la preuve la plus sûre de la facilité avec laquelle ils peuvent être mis en œuvre et de leur utilité. En effet on doit se servir, entre autres choses, des différentielles des fonctionnelles, aussi bien de leur partie régulière que de leur partie non régulière et on doit appliquer le développement fonctionnel analogue à celui de Taylor. J'y ai fait allusion précisément au début de cette conférence.

Nous ne nous arrêterons pas sur les détails de cette extension ; cela nous entraînerait trop loin. Nous dirons seulement qu'il convient de partir des équations dynamiques sous la seconde forme de Lagrange, et d'admettre l'existence d'un potentiel héréditaire dépendant des différences entre les valeurs actuelles des paramètres qui fixent l'état et les valeurs des mêmes paramètres en tous les instants d'un intervalle de temps précédant l'instant actuel, et d'une durée égale à la durée de

l'hérédité. Ce potentiel est une fonctionnelle dont la différentielle est supposée régulière. Il est possible alors de modifier les équations de Lagrange de manière à tenir compte de l'hérédité. Si, ensuite, nous appliquons à ces équations la méthode classique qui conduit au principe des forces vives, nous obtenons une relation différentielle qui exprime le travail des forces extérieures au moyen de la différentielle de la somme de l'énergie cinétique et d'une fonctionnelle dépendant de l'état du système du point de vue héréditaire. A cette différentielle vient s'ajouter un terme qui représente l'énergie de dissipation. L'opération la plus difficile est la transformation de ce terme, transformation qui s'obtient par la construction d'une nouvelle fonctionnelle, *dépendant de manière spéciale de la valeur d'une fonction en un point déterminé et dont est connue la partie non régulière de la différentielle.* Cela nous donne la fonctionnelle de dissipation, qui, en vertu de quelques postulats, est toujours positive.

Les théorèmes que nous avons énoncés dans le cas de l'hérédité linéaire s'étendent alors sans difficultés au cas général.

Un exemple particulier d'intérêt notable est obtenu lorsque la fonctionnelle qui exprime le potentiel héréditaire est développable en série analogue à celle de Taylor, ce qui conduit à *des expressions analytiques complètes* aussi bien pour le *potentiel héréditaire* que pour *l'énergie de dissipation.*

*
**

J'estime avoir donné ainsi une idée générale des phénomènes héréditaires, du moins pour cette partie de leur étude qui peut s'appeler *la théorie pure de ces phénomènes* et qui se base sur la simple hypothèse d'existence d'actions qui dépendent, non seulement des circonstances présentes, mais du passé. L'examen de telles actions constitue à mon avis un pas dans l'étude approximative des phénomènes naturels.

Bien entendu, si l'on confronte la théorie analytique avec les résultats des observations, ceux-ci sont bien loin d'être complètement expliqués dans tous leurs détails. Bien des faits échappent à la théorie. Ils n'y rentreront à leur tour, au moins partiellement, qu'en ajoutant de nouvelles hypothèses à celles déjà faites et en serrant ainsi de plus près la réalité. Le progrès dans cette voie, comme dans toutes celles suivant lesquelles procède la philosophie naturelle, est et continuera d'être le résultat d'approximations successives.

La théorie utilise les équations intégro-différentielles et les équations fonctionnelles qui expriment mathématiquement le phénomène; elle se développe par l'étude analytique de ces équations, basée sur la doctrine du calcul fonctionnel; elle établit un principe fondamental, celui du cycle fermé, qui du point de vue mathématique ouvre la voie à l'emploi des méthodes des fonctions permutables et de la composition. Enfin la théorie procède dans le champ de l'énergétique, en réussissant à exprimer au moyen de fonctionnelles l'énergie de dissipation due à l'hérédité dans le cas des cycles fermés et en donnant une suite de propositions compatibles avec les lois générales de l'énergétique.

Les plus importantes prouvent l'existence, dans tous les cas, de fonctionnelles dont les variations, ajoutées à celle de l'énergie cinétique (phénomènes dynamiques) ou de l'énergie Joule (phénomènes électromagnétiques), sont toujours dépassées par le travail des forces extérieures ou par l'énergie qui pénètre de l'extérieur dans le domaine où le phénomène se développe.

Ces diverses propositions expriment sous forme synthétique le mode de production des phénomènes héréditaires et en caractérisent l'allure générale.

Vito Volterra,
Membre de l'Institut.

ÉTAT DE NOS CONNAISSANCES SUR LES ANCÊTRES FOSSILES DU CHEVAL

Parmi les données les plus suggestives de la Paléontologie, l'histoire du cheval tient à coup sûr une place d'honneur. C'est en effet la plus longue généalogie que l'on soit parvenu à reconstituer chez les Mammifères, et c'est aussi la plus propre à nous faire comprendre les lois de l'évolution des espèces animales. Sans doute, la réalité d'un lien généalogique n'est vérifiable que sur le vivant, mais si des espèces fossiles se succèdent à des intervalles de temps rapprochés et passent graduellement des unes aux autres, l'idée de leur parenté par voie de filiation directe s'impose à l'esprit comme la seule hypothèse satisfaisante.

C'est à ce titre que l'évolution des Equidés figure explicitement dans les nouveaux programmes du baccalauréat de philosophie. Il semble que les manuels nouvellement parus n'aient pas toujours accordé à ce chapitre l'ampleur qu'il mérite par sa valeur démonstrative, ou même qu'ils n'aient pas su se libérer d'idées, voire de malentendus déjà anciens. Par ailleurs, des divergences d'opinion s'étant manifestées chez les paléontologistes eux-mêmes, au cours des dernières années, il paraît opportun de tenter une mise au point de nos connaissances.

Le cheval actuel. — Le cheval est un mammifère de grande taille qui se distingue par le fait singulier que chacune de ses pattes est constituée par un seul doigt, d'où le nom de Solipèdes donné par Cuvier à la famille très homogène des chevaux, des ânes et des zèbres.

Les membres de cette famille sont principalement caractérisés par l'adaptation de leur patte à la course et celle de leurs molaires à la trituration des herbes dures des prairies des steppes et des savanes.

Les animaux qui foulent le sol avec toute la surface de la main ou du pied n'ont qu'une démarche relativement lente. Le cheval, en vue d'une course rapide, a réduit au minimum sa surface de contact, et ceci de deux manières : d'abord en ne conservant qu'un seul doigt, le troisième, comme nous l'apprend la comparaison avec d'autres animaux, ensuite, en redressant verticalement la patte, laquelle se trouve ainsi reposer non pas sur les dernières phalanges comme chez le chien par exemple, mais sur l'extrémité même de la dernière phalange que coiffe un ongle robuste : le sabot. En même temps, les extrémités se sont allongées : c'est ainsi que la longueur de la main l'emporte nettement sur celle de l'avant-bras.

Quant aux molaires, elles sont bien curieuses : leur forme est celle d'un long prisme, de section à peu près carrée (fig. 3 E). Leur couronne s'use rapidement au contact des tiges et feuilles siliceuses des graminées ; aussi par compensation s'accroissent-elles longtemps, et ce n'est que très tard que se ferment leurs racines relativement minuscules. La surface d'usure de ces dents, le plateau de la meule, si l'on préfère, montre les lignes saillantes d'un dur émail circonscrivant des massifs de dentine ou ivoire ; entre ceux-ci s'étendent des plages de cément, substance analogue à de l'os, qui se dépose tardivement à la surface et dans les replis de la couronne, alors que celle-ci sort déjà toute formée du maxillaire et se trouve prête à percer la gencive.

Enfin, si nous examinons l'ensemble de la rangée dentaire, nous sommes frappés du fait que les prémolaires, à l'ordinaire plus simples et plus petites que les molaires, possèdent chez le cheval une structure identique à celles-ci (on dit qu'elles sont molarisées), et que leur surface de trituration est même devenue supérieure à celle des molaires.

Histoire du cheval. Les découvertes paléontologiques en Europe. — Le troisième doigt du cheval comprend, comme il est normal, trois phalanges, et, au-dessus, l'os correspondant à la paume de la main, le métacarpien puissant qui supporte le poids du corps : c'est l'os canon. Derrière lui se remarquent deux stylets osseux allongés, s'amincissant vers la base et plus courts que l'os canon Ces stylets sont cachés sous la peau et n'ont aucune fonction ; un anatomiste tant soit peu averti examinant les relations avec l'os canon et surtout avec les osselets du poignet, n'hésitera pas à reconnaître en eux les rudiments des métacarpiens du deuxième et du quatrième doigt. Il est évident que si nous admettons l'hypothèse de la fixité des espèces, nous ne pourrons fournir aucune explication satisfaisante de la présence d'organes rudimentaires aussi parfaitement inutiles.

Fondée par les travaux de Georges Cuvier, la paléontologie ne tarda pas à entrer, un peu avant la seconde moitié du XIX^e^ siècle, dans une ère de découvertes importantes et de progrès rapides. Bientôt il apparut que le cheval n'était plus aussi isolé dans le monde des mammifères qu'on l'avait cru tout d'abord. Hermann V. Meyer décrivait sous le nom *Anchitherium* un Equidé à trois doigts, aux molaires basses, assez différentes de celles du cheval. Plus tard, Albert Gaudry exhumait

du sol de l'Attique les restes de plusieurs dizaines d'*Hipparion* plus proches encore du cheval, car les doigts latéraux de leurs pattes tridactyles sont plus réduits que chez l'*Anchitherium*, et leurs molaires prismatiques, à couronne élevée, sont tout à fait chevalines.

Entraîné par les études d'Huxley, de Kovalewsky en Europe, de Marsh, de Leidy, de Cope en Amérique, Gaudry a exposé dans ses « Enchaînements du monde animal » (Paris 1878) que la patte du cheval se relie à celle des autres pachydermes. Il représente (fig. 1A) la patte du célèbre *Palaeotherium* trouvé par Cuvier dans le gypse de Montmartre; là les deuxième et troisième doigts sont robustes et touchent le sol, puis celle d'*Anchitherium* (fig. 1B), celle d'*Hipparion* (fig. 1C) qui montrent une réduction des doigts latéraux, une prépondérance de plus en plus grande du doigt médian; enfin l'aboutissement de cette évolution : la patte du cheval. D'autres figures nous montrent la possibilité d'une transformation parallèle des molaires.

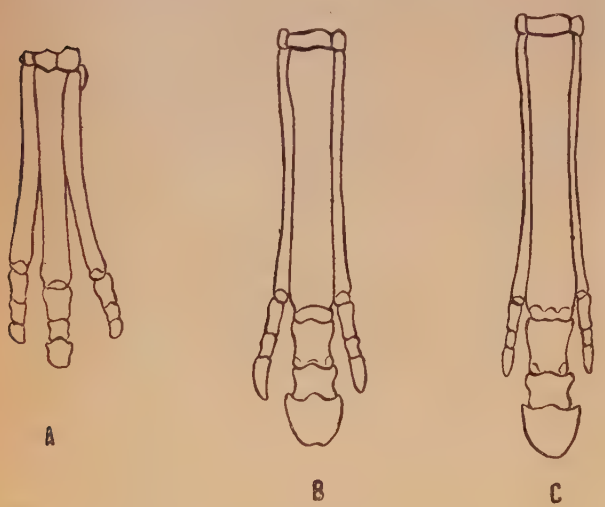

Fig. 1. — *Squelette de la patte antérieure chez divers Périssodactyles :*

A, Palæotherium; B, Anchiterium; C, Hipparion.

Pour Gaudry, du moins dans sa conception primitive, il y avait un lien de parenté étroite entre les animaux dont il rapprochait les membres ou la dentition : « Les observations qui précèdent montrent qu'il nous manque encore plusieurs anneaux pour établir, au point de vue de la dentition, la *série généalogique des solipèdes*, mais que du moins, nous commençons à concevoir comment ces quadrupèdes ont pu être dérivés des pachydermes[1] ».

Or, la série constituée par Gaudry n'était pas, ne pouvait pas être une série généalogique. Des savants comme le regretté doyen de la Faculté des sciences de Lyon, Charles Depéret, ont insisté sur ce point. Les derniers *Palaeotherium* ont en effet disparu depuis longtemps lorsqu'apparaît le premier *Anchitherium*; ce dernier est à son tour remplacé sans aucune transition par l'*Hipparion* dont les molaires sont à certains égards plus évoluées que celles du cheval par les plissottements compliqués de l'émail et par l'isolement d'un « pilier » de section ovoïde sur la face interne de la dent (comparer les fig. E et F fig. 3).

En réalité, ce que Gaudry a montré, ce sont des étapes progressives de l'adaptation à la course des pattes d'Ongulés saisies dans des familles différentes, on dit aujourd'hui dans des rameaux distincts, dont la parenté peut être fort lointaine, sinon problématique.

L'évolution de la patte qui s'est réalisée chez les Equidés n'est nullement le privilège de ceux-ci, car c'est une adaptation fonctionnelle. Elle se rencontre en particulier avec une admirable netteté dans une famille d'Ongulés fossiles sud-américains : les Proterotheridés, et même elle y a été poussée plus loin que chez nos Equidés : le genre le plus récent, *Thoatherium*, a perdu, du moins dans sa patte postérieure, toute trace des deux stylets osseux du cheval. Sa patte a réalisé le terme ultime de la spécialisation à la course. Dans la série de Gaudry, elle se placerait après la patte du cheval. On voit combien peu généalogique serait un tel enchaînement, puisqu'il ferait descendre un animal miocène d'une espèce vivante.

On ne peut cependant pas reprocher à Gaudry d'avoir manqué de clairvoyance. Le savant professeur du Muséum était loin de disposer de toutes les données sur lesquelles nous nous appuyons aujourd'hui. Sa tentative n'a pas été inutile; elle a, procédant par à peu près, montré le chemin aux successeurs qui ont pu approcher davantage de la vérité; elle a fait prévaloir sur l'idée de la fixité des espèces, celle de leur évolution. Gaudry était trop perspicace pour s'illusionner autant qu'on l'a pensé sur la réalité de ses enchaînements. On lit en effet dans un ouvrage ultérieur : « l'*Hipparion* a des membres semblables à ceux de l'*Anchitherium*, bien que ses molaires soient différentes; on ne peut donc supposer qu'il descend directement de l'*Anchitherium*[1] ».

Mentionnons simplement la généalogie proposée un instant par Mme Pavlow (1888), aux termes de laquelle les genres *Hyracotherium*, *Pachynolophus*, *Lophiotherium*, *Anchilophus*, auraient appartenu à la lignée ancestrale du cheval. En réalité à la suite des travaux de Ch. Depéret et de

1. A. GAUDRY: *Enchaînements*, p. 131.

1. A. GAUDRY : *Les ancêtres de nos animaux*, Paris, 1888.

H. G. Stehlin, on admet que ces genres constituent autant de rameaux d'Equidés primitifs ayant évolué parallèlement en Europe pendant les temps éocènes, à la fin desquels ils s'éteignirent sans descendance.

L'histoire du cheval en Amérique. — Aujourd'hui, nous ne saurions plus nous contenter de ces filiations approximatives. Entre deux formes successives, il y a une parenté directe ou il n'y en a point.

Comment arriver à établir une série généalogique vraie? En suivant dans des couches de plus en plus récentes des formes animales telles que l'on passe de l'une à l'autre par transitions insensibles, transitions qui doivent porter non sur un seul organe, mais sur l'organisme tout entier. On voit combien à ce point de vue, les séries généalogiques de Mammifères l'emportent en vraisemblance sur celles d'Invertébrés comme les Mollusques. Chez les premiers, la comparaison porte sur les membres, les ceintures, la dentition, la conformation du crâne; chez les seconds, elle se limite à la coquille.

Cette reconstitution exige des conditions rarement réalisées : des fossiles abondants, des squelettes aussi complets que possible. Elle requiert une adresse à dépister les changements géographiques ou climatiques qui ont pu obliger une espèce à émigrer ailleurs et à poursuivre son évolution dans une autre contrée.

Par bonheur, dans l'Amérique du Nord, grâce à la richesse paléontologique des « Bad Lands » des Territoires de l'Ouest, grâce à la science et à la ténacité des chercheurs, grâce encore aux circonstances favorables au développement des Equidés, circonstances qui se sont exceptionnellement prolongées à travers tous les temps tertiaires, on a pu arriver à la reconstitution de la généalogie vraie du cheval.

Voici les grandes lignes de cette histoire, telle qu'elle ressort des travaux de toute une pléiade de paléontologistes, parmi lesquels Osborn, Matthew, Gidley, Merriam, Granger, Childs Frick, se sont particulièrement distingués.

Dans l'état actuel de la science, nous ne pouvons remonter au delà de l'*Eohippus* qui vivait au début des temps tertiaires, à l'éocène inférieur. Dans cet animal qui atteignait tout juste la taille d'un lièvre, nous avons quelque peine à reconnaître, malgré une certaine physionomie chevaline, celui qui sera « la plus noble conquête de l'homme ». Il est relativement bas sur pattes; au membre antérieur, la main (fig. 2A) comporte quatre doigts munis de sabots, qui portent respectivement les numéros 2, 3,4,5; contre le métacarpien 2 s'observe un petit stylet osseux, c'est tout ce qui reste du pouce. La patte postérieure dont l'évolution est plus avancée (c'est elle qui dans la course projette le corps en avant, donc travaille davantage), ne montre plus que trois doigts, les

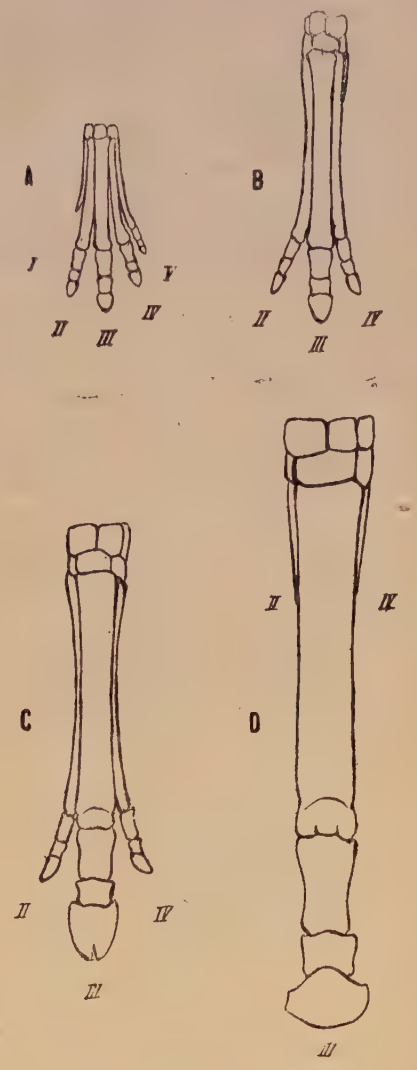

Fig. 2. — *Evolution du squelette de la patte antérieure chez les Equidés :*
A, Eohippus; B, Mesohippus; C, Merychippus; D, Equus.

numéros 2,3,4, plus un petit rudiment de cinquième doigt.

La dentition est fort différente de celle du cheval. Les prémolaires sont plus simples que les molaires. Celles-ci (nous ne considérons que les molaires supérieures, particulièrement caractéristiques), possèdent de longues racines et une couronne basse (fig. 3A) dont voici la structure : six tubercules coniques, disposés en deux rangées transverses; les tubercules d'une même rangée ainsi que les deux tubercules externes ont une tendance à se réunir au moyen de crêtes d'émail saillantes. Il n'y a pas trace de cément sur la couronne. Cette dent,

de cachet omnivore, nous indique que l'animal se nourrissait de plantes tendres, de racines savoureuses, indices d'une végétation luxuriante, d'un climat humide.

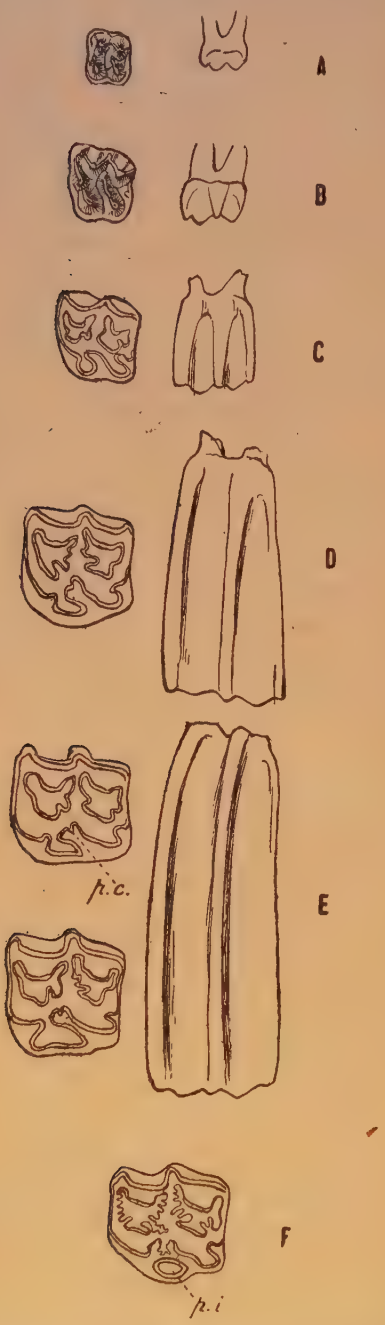

Fig. 3. — *Evolution de la molaire supérieure chez les Equidés* (à gauche couronne vue d'aplomb par la face, à droite la même vue de profil par la face externe) :

A, Eohippus; B, Mesohippus; C, Merychippus; D, Pliohippus; E, Equus (en haut surface d'usure d'Equus stenonis, en bas d'Equus caballus); F, surface d'usure d'Hipparion : *p.c.*, pli caballin; *p. i.*, pilier interne.

On avait cru autrefois trouver dans le *Phenacodus* ou le *Tetraclaenodon* de l'extrême base du tertiaire d'Amérique un ancêtre possible de l'*Eohippus*. Mais, indépendamment de leur taille trop grande, des considérations anatomiques excluent cette hypothèse aujourd'hui abandonnée par l'unanimité des auteurs américains. L'ancêtre de l'*Eohippus*, nous ne pouvons encore que le concevoir dans notre esprit : c'est un animal plus petit, aux pattes pentadactyles, aux molaires plus simples, sans trace de crêtes; il plonge plus loin dans le temps et c'est évidemment dans des couches du Crétacé supérieur qu'on a quelques chances de le trouver.

A l'*Eohippus* succèdent régulièrement pendant les temps éocènes *Protorohippus Orohippus*, puis *Epihippus*. Il nous suffira de retenir que ces formes ont quatre doigts à la patte de devant et trois à celle de derrière, que les prémolaires perdent progressivement leur contour triangulaire pour prendre le contour carré et le volume des molaires, que les crêtes transverses s'accentuent franchement.

Après *Epihippus* apparaît *Mesohippus* à l'oligocène inférieur (fig. 2B, 3B). Le saut est bien un peu brusque et les paléontologistes admettent volontiers qu'il y a là un maillon de la chaîne des Equidés qui nous manque encore. *Mesohippus* fait place ensuite à *Miohippus*. Ces chevaux oligocènes atteignent finalement la taille d'un mouton; leur patte en avant qu'en arrière comprend trois doigts, mais avec une prépondérance cette fois très marquée du troisième; on notera que les doigts latéraux touchent le sol (fig. 2B). La transformation des prémolaires en molaires est complète; les crêtes externes des molaires supérieures dessinent deux croissants.

Il est très vraisemblable qu'une branche s'est détachée de *Miohippus* et a émigré en Europe où elle a donné au Miocène inférieur le genre *Anchitherium* de taille plus grande. Le tronc principal resté en Amérique donnait naissance à *Parahippus*, puis à *Merychippus*. Ces chevaux miocènes, de la taille d'un poney, ont encore trois doigts à chaque patte, mais les doigts latéraux ne touchent plus le sol (fig. 2C). Avec *Merychippus*, la couronne des molaires commence à s'accroître, à prendre la forme prismatique, indice que l'animal s'adaptait à une nourriture faite d'un dur fourrage. La molaire va dès lors nous montrer une surface plate, où les crêtes usées dessineront des plis d'émail de plus en plus complexes, et où le cément comblera les dépressions (fig. 3C).

A la fin du Miocène, le rameau des Equidés est en pleine vigueur. Il détache des branches latérales qui s'éteignent plus ou moins rapidement : *Protohippus* qui reste en Amérique, *Hipparion* qui émigre en Europe et en Asie. Le tronc principal est représenté par *Pliohippus* dont les doigts laté-

raux sont plus réduits que ceux d'*Hipparion*. C'est donc celui-là qui au Pliocène supérieur augmente encore de taille, perd les phalanges de ses doigts latéraux, accroît la hauteur de ses molaires tandis que son crâne s'allonge encore, devenant ainsi le *Plesippus*. Il n'y a plus qu'un faible degré à franchir pour arriver aux chevaux vrais, aux *Equus*, qui débutent en Amérique avec les grandes glaciations du Quaternaire (fig. 2D).

Chose surprenante, lorsque Christophe Colomb débarquera en Amérique, il n'y trouvera plus un seul cheval vivant; ainsi les mustangs actuels des Pampas sud-américaines sont les descendants redevenus sauvages des chevaux amenés par les conquérants espagnols.

En effet, durant les dernières périodes de cette magnifique histoire, *Hipparion* continuait sa propre évolution en Europe où on le retrouve dans le Pliocène ancien, et même, quoique rarement, dans le Pliocène récent. A cette époque, apparaissent brusquement et simultanément en Europe et en Asie, les premiers chevaux. Une arrivée aussi soudaine donne à penser qu'ils nous viennent par migration, mais d'où? Le cheval n'existait pas encore en Amérique.

Matthew a tenté de tourner la difficulté en supposant que les couches à *Equus stenonis* d'Europe considérées jusqu'ici comme pliocènes appartiendraient en réalité au Quaternaire, ou du moins à ce que les Américains appellent Quaternaire, l'époque de l'avancée des grands glaciers sur l'Europe et l'Amérique du Nord. En fait, il est très difficile de savoir quand on a commencé la période glaciaire, et l'hypothèse de Matthew apparaît prématurée. Les compagnons des premiers chevaux, le grand éléphant méridional, le grand hippopotame, les grands cerfs, les antilopes, n'ont pas l'air d'avoir assisté à l'avancée des glaces.

Il est possible que les chevaux de l'ancien continent soient non pas les frères, mais les cousins germains de ceux du Nouveau Monde. Un rameau se serait détaché des *Pliohippus* au Pliocène ancien, et cet animal encore inconnu aurait émigré, faisant le tour par l'Asie, et là, son évolution ayant été plus rapide que la branche restée en Amérique, le stade *Equus* aurait été atteint un peu plus tôt. Il faut reconnaître que, sur ce point d'histoire, le débat reste ouvert.

La généalogie, ou, pour parler comme les paléontologistes, la phylogénie des Equidés pourrait se représenter par le schéma ci-dessous :

Relations entre Hipparion et les premiers chevaux. — Depuis quelques années, principalement à la suite des travaux d'Antonius, des savants, parmi lesquels le Dr O. Abel, ont interprété les relations entre *Hipparion* et *Equus* d'une façon toute différente. Le distingué paléobiologiste de Vienne, faisant partiellement retour aux conceptions primitives, admet que le genre *Equus* est un genre exclusivement eurasiatique issu de l'*Hipparion* émigré d'Amérique; afin de bien marquer le divorce entre la branche terminale européenne des Equidés et celle restée en Amérique, il prétend, à l'étonnement des spécialistes, que le cheval quaternaire américain n'est pas un vrai *Equus*, et le décore du nom de *Neohippus*.

L'opinion d'Abel est basée essentiellement sur

PÉRIODE	AMÉRIQUE	EUROPE	ASIE
Quaternaire	Equus	Eq. caballus	
Pliocène supr	Plesippus	Eq. stenonis Hipparion	Eq. sivalensis
Pliocène infr	Pliohippus	Hipparion	
Miocène supr	Protohippus Pliohippus, Hipparion	Hipparion	Hipparion Hypohippus
Miocène moy.	Merychippus Parahippus		
Miocène infr	Parahippus	Anchitherium	
Oligocène supr	Miohippus		
Oligocène infr	Mesohippus		
EOCÈNE Ludien	Epihippus		
EOCÈNE Bartonien	Orohippus		
EOCÈNE Lutetien	Protorohippus		
EOCÈNE Yprésien-Sparnacien	Eohippus		

l'interprétation de la liaison entre le pilier interne de la molaire (p. i. fig. 3F) et le reste de la dent. Chez les ancêtres américains, il existe une liaison entre ces deux éléments (fig. 3D); chez *Hipparion*, celle-ci a été perdue, et le pilier dessine en section un îlot isolé sur la face interne; chez les descendants d'Hipparion, le p'i caballin (p. c. fig. 3E) se serait développé en un isthme d'émail reliant par un pont nouveau, différent de la liaison primitive, le pilier interne aux autres parties de la molaire.

Le savant conservateur du Musée de Bâle, le Dr Stehlin a tout récemment montré que l'hypothèse d'Abel est absolument controuvée et reposait en partie sur des erreurs de détermination. Les figures qu'il donne et que je reproduis ici avec sa bienveillante autorisation (fig. 3D, 3E) montrent que la dent de *Merychippus* et de *Pliohippus* passe insensiblement à celle d'*Equus*; on ne voit vraiment pas pourquoi Abel complique les choses à plaisir et quel besoin il éprouve de créer un être hypothétique pour relier *Hipparion* à *Equus*.

D'un autre côté, d'après Matthew, certains *Hipparions* européens auraient une tendance à renforcer les doigts latéraux de leurs pattes; par là, ils s'écarteraient du cheval.

En définitive, nous pouvons conserver, dans l'état actuel de la science, les conclusions formulées par Mme Pavlow dès 1891, à savoir qu'*Hipparion* a des pattes trop primitives associées à des molaires trop compliquées pour nous apparaître comme l'ancêtre immédiat de notre cheval.

Conclusions. — Des esprits quelque peu irrévérencieux ont dit de cette histoire qu'elle était le « cheval de bataille » du transformisme. En vérité, et malgré les imperfections qu'on y peut rencontrer lorsqu'on entre dans les petits détails, c'est un bien beau et bien consciencieux monument que nous ont dressé les paléontologistes américains. N'aurait-on que cette seule synthèse, ce serait suffisant pour entraîner l'adhésion de tout esprit non prévenu à la réalité de l'évolution des espèces dans une même famille, dans un même rameau phylétique. Nous ne pouvons pas concevoir que ces formes, placées dans l'ordre chronologique certain de leur apparition, qui passent si progressivement de l'une à l'autre, n'aient eu entre elles aucun rapport de parenté. Ainsi se trouvent admirablement illustrées les lois d'augmentation de taille et de spécialisation progressive qui entraînent peu à peu le rameau vers son extinction par gigantisme et excès de spécialisation. Faut-il penser que s'il n'avait été domestiqué, le cheval aurait aujourd'hui disparu d'Europe, de même qu'il s'était éteint auparavant en Amérique?

Il n'est peut-être pas inutile d'ajouter qu'une série artificielle comme en avaient réuni les premiers paléontologistes, en rapprochant arbitrairement tel ou tel organe d'animaux n'ayant pas pu chronologiquement descendre les uns des autres, ne prouverait rien en faveur de l'évolution.

Faut-il aller plus loin et admettre que l'établissement des phylogénies réelles plaide pour l'hypothèse transformiste comme la concevait Haeckel? Rien ne nous y oblige. Si nous regardons de près l'organisation de *Echippus* qui est cependant séparé du cheval par toute la durée des temps tertiaires, nous sommes bien obligés de reconnaître qu'elle comporte des pattes, un crâne d'Equidé primitif, qu'un anatomiste n'aurait jamais attribué à un ancêtre possible de singes ou de carnivores. Ces organes ont déjà un cachet caballin. *Eohippus* était prédestiné à devenir un cheval.

Jean Viret,
Professeur au lycée Ampère,
Docteur ès Sciences.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Brunet (P.), *Professeur de l'Université, Docteur ès Lettres.* — **Maupertuis : I. Etude biographique. II. L'œuvre et sa place dans la pensée philosophique et scientifique du XVIII^e siècle.** — *2 volumes grand in-8° de 200 et 487 pages. Librairie scientifique Albert Blanchard, Paris,* 1929. (*Prix, broché :* 75 *fr.*).

L'étude monographique d'un savant, loin d'être une œuvre plus ou moins artificielle peut devenir l'occasion d'un exposé fécond de l'évolution des problèmes scientifiques. Il en est ainsi quand on a pris la précaution de considérer un auteur qui a été mêlé de près ou de loin à un grand nombre de recherches faites à son époque dans divers domaines. Ou bien en effet il a contribué au progrès par des recherches originales ou bien il a reflété l'ambiance dans laquelle s'est développée sa pensée et on a quelque chance de retrouver ainsi la physionomie intellectuelle scientifique de cette époque.

Ce sont de telles considérations qui ont déterminé l'auteur dans le choix qu'il a fait de Maupertuis et la variété des sujets abordés par ce savant lui a permis de grouper un certain nombre de chapitres de l'histoire des sciences pendant la première partie du XVIII^e siècle.

Pour qu'un pareil travail fût profitable, il était nécessaire cependant de retracer à propos de chacun des problèmes abordés par Maupertuis l'état de la question au moment où elle a attiré son attention, et d'indiquer également les développements ultérieurs conditionnés par les résultats obtenus par lui en signalant également le sens dans lequel il a contribué à orienter les recherches, la voie dans laquelle il les a engagées.

Dans le 2^e volume consacré à l'œuvre de Maupertuis on trouvera donc successivement décrits ses études sur les courbes, ses travaux astronomiques sur le système du monde, sur la figure de la terre, la parallaxe de la lune et le problème des longitudes et latitudes, sur la mécanique et le principe de la moindre action, sur la physique, la biologie. Enfin la pensée scientifique de Maupertuis semble tellement disposée à se prolonger en remarques philosophiques que l'auteur a dû réserver dans l'exposition de son œuvre, trois chapitres relatifs à l'épistémologie, la matière et la pensée, la théologie naturelle et le problème moral.

Pour ne pas risquer de faire perdre de vue le mouvement de la pensée de Maupertuis, et de mettre insuffisamment en relief les diverses phases de son évolution, M. P. Brunet a fait précéder l'examen méthodique des opinions et travaux scientifiques du savant d'une partie plus uniquement historique consacrée à une biographie dans laquelle chacune de ses œuvres prend sa place chronologique dans l'ensemble. Enfin, l'utilité qu'il y avait de rectifier certaines erreurs accréditées par la malveillance et acceptées sans critique suffisante, justifie amplement cette sorte d'introduction constituant le premier volume du travail très consciencieux de l'auteur qui se lit d'un bout à l'autre avec un intérêt très vif, et un plaisir dû à une plume facile et simple, claire et ordonnée.

L. POTIN.

***

Annuaire pour l'année 1930, *publié par le* Bureau des Longitudes. — *1 vol. in-12 de 674 pages, avec quatre notices scientifiques. Gauthier-Villars, éditeur. Paris,* 1930. (*Prix, broché :* 12 *fr.*).

L'annuaire, dont la publication rentre dans les attributions du Bureau des Longitudes, a paru pour la première fois en 1796. Depuis plusieurs années, il contient d'abord 4 chapitres relatifs, le 1^er au Calendrier, le 2^e à la Terre, le 3^e à l'Astronomie et le 4^e aux mesures légales et aux monnaies. Enfin un dernier chapitre est consacré, les années paires, comme c'est ici le cas, aux données physiques et chimiques.

Cette année il comporte 4 notices. La première rédigée par M. Bigourdan, constitue la suite de l'Histoire du Bureau et de ses travaux depuis l'origine (1795). La 2^e, due à M. A. Jobin, concerne les procédés de contrôle des surfaces optiques. La 3^e, par M. le général Perrier, relate l'opération internationale des longitudes exécutée en octobre-novembre 1926 sur l'initiative du Bureau. Enfin, la 4^e reproduit le discours prononcé aux obsèques de M. Andoyer par M. E. Picard.

Ce recueil est, comme on le sait, une mine précieuse de renseignements sûrs et variés qu'il est toujours commode d'avoir sous la main.

F. M.

2° Sciences physiques.

Davies (Cecil W.), « *Lecturer* » *de Chimie physique à l'Institut Polytechnique de Battersea.* — **The conductivity of solutions and the modern dissociation theory.** — *1 vol. in-8°, de* VI-204 *p., avec 22 fig.* (*Prix, cart. :* 15 *sh.*). *Chapman and Hall,* 11, *Henrietta Street, Londres,* 1930.

Depuis sa publication il y a quarante ans, la théorie de la dissociation électrolytique d'Arrhénius a servi de principe directeur dans la chimie des électrolytes, bien que l'expérience ait vite démontré que les sels et les électrolytes forts n'obéissent pas quantitativement à la théorie. L'explication de cette anomalie a été fournie par la théorie de l'attraction interionique qui, sous la forme que lui ont donnée il y a six ans Debye et Hückel, a été acceptée

d'une façon générale. Le succès de cette nouvelle théorie a d'abord détourné l'opinion des conceptions originales d'Arrhénius; puis on s'est rendu compte que l'hypothèse de l'attraction interionique ne fait que compléter, sans la remplacer, la vieille théorie de la dissociation, qui, sous une forme modifiée, est entrée dans une carrière nouvelle et pleine de promesses. Elle donne en effet pour la première fois le moyen de calculer avec quelque certitude le degré de dissociation des solutions salines, et la composition de leurs mélanges, aux concentrations employées pratiquement par les chimistes.

Dans le présent ouvrage, M. C.-W. Davies rappelle d'abord quels sont les principes de la théorie de la dissociation ionique, puis les tentatives qui ont été faites pour l'appliquer aux électrolytes forts, jusqu'à celle de Debye et Huckel, complétée par Onsager qui a donné l'équation la plus rapprochée des phénomènes.

La seconde partie est consacrée à la technique des mesures de conductibilité et aux résultats obtenus, qui ont montré qu'une forme dérivée de l'équation d'Onsager s'applique aux solutions aqueuses de sels univalents jusqu'à une concentration de N/10 à N/2.

Enfin, dans une dernière partie, l'auteur fait voir comment les mesures de conductibilité peuvent aider à résoudre un certain nombre de questions telles que la dissociation des électrolytes ternaires, la nature des acides et des bases, la solvolyse, les ions complexes, les électrolytes amphotères, etc.

Le livre de M. Davies, en faisant connaître l'état actuel d'une question qui a passablement évolué au cours de ces dernières années, rendra de grands services aux physico-chimistes.

Louis Brunet.

3° Sciences naturelles.

Portevin (G.). — **Histoire naturelle des Coléoptères de France.** *Paul Lechevalier, éditeur, Paris*, 1930.

L'un des plus grands désirs des entomologistes français a toujours été de posséder une faune coléoptérologique de notre pays. Entreprise considérable, à cause de la masse de données taxonomiques demandant à être résumée et systématisée. Cependant, elle avait déjà été tentée plusieurs fois, notamment par Mulsant et par Fairmaire et Laboulbène pour la France entière, par Louis Bedel pour la France du Nord, etc. Malheureusement, ces œuvres, empreintes d'un souci de perfection qui devait en retarder l'élaboration, restèrent inachevées. Seule, la Faune de M. L. Fauconnet, ouvrage qui a rendu de réels services aux jeunes entomologistes, parut en entier; mais sa concision est extrême, elle ne renferme pas de figures, et, datant aujourd'hui de plus de trente-cinq ans, elle ne se trouve plus au courant de la science.

Ces critiques ne pourront être adressées à l'Histoire naturelle des Coléoptères de France de M. G. Portevin, dont le tome premier vient de paraître. C'est un volume de 650 pages in-8°, illustré de 571 figures au trait et de 5 planches coloriées, qui traite des Coléoptères carnassiers (Carabiques, Cicindèles, Dytiscides, etc.) et des *Staphylinoidea*, c'est-à-dire des familles qui se groupent autour de celle des Staphylinides.

Des tableaux dichotomiques suffisamment explicites, complétés par des figures, avec mention sommaire de l'habitat, permettent d'arriver à la détermination des espèces sans avoir à consulter toute une bibliothèque, comme c'était jusqu'ici. Ce qui ne veut nullement dire que cet ouvrage, pas plus que les autres similaires, dispense des vérifications nécessaires à l'aide de bonnes collections.

On doit féliciter M. Portevin du courage avec lequel il a entrepris sa tâche, devant laquelle tant d'autres avaient reculé, et de l'effort accompli pour la mener à bien. Et les remerciements des entomologistes français iront également à M. Paul Lechevalier, qui n'a pas hésité à assurer la publication d'un ouvrage aussi important, puisque, une fois achevé, il doit, à en juger par la portion parue, comporter de quatre à cinq volumes.

La faune de M. Portevin ne sera pas seulement utile aux débutants. Elle sera aussi le memento des entomologistes exercés et le guide de tous ceux qui ne se consacrent pas spécialement à l'entomologie.

Et il n'est pas douteux qu'en facilitant l'étude des Coléoptères de France et en la diffusant, elle ne contribue à la faire mieux connaître et à rendre plus aisée la tâche de ceux qui auront à en dresser l'inventaire définitif dans les monographies documentées de l'Office central de Faunistique.

Pierre Lesne.

4° Sciences médicales.

Labbé (Marcel), *Professeur de Clinique médicale à la Faculté de Médecine de Paris, Membre de l'Académie de Médecine, et Docteur* **Bellin du Coteau** (Marc), *ancien Champion de France d'athlétisme, ex-Directeur de l'Education physique aux Ecoles de Saint-Cyr et de Saint-Maixent*, avec de nombreux Collaborateurs. — **Traité d'Education physique.** — *2 vol. in-8° formant 1170 pages, avec 534 figures dans le texte, cartonné toile (Prix : 200 fr.). Gaston Doin et Cie, éditeurs, 8, place de l'Odéon, Paris.*

Publié sous la double direction du professeur Marcel Labbé, professeur de clinique médicale à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie de médecine, membre d'honneur de nos diverses sociétés médicales d'Education physique, et du Dr Marc Bellin du Coteau, ancien champion de France d'athlétisme, ex-directeur de l'Education physique à Saint-Cyr et à Saint-Maixent, président de la Fédération nationale des Sociétés médicales d'Education physique et de Sport et dont nul n'ignore les travaux médico-sportifs, éducateurs, vulgarisateurs, le *Traité d'Education physique* groupe dans son comité de rédaction les personnalités les plus qualifiées et les plus en vue du monde de l'Education physique.

On peut dire, sans être taxé d'exagération, que cette publication demeurera un document unique dans les Annales de l'Education physique moderne. Pour la première fois, on s'est proposé de réunir dans le même ouvrage tout ce qui concerne l'Education physique et les Sports.

Ainsi, les rudiments d'anatomie indispensables à leur bonne compréhension et à leur pratique; des notions physiologiques étendues et remises au goût du jour par le Dr Bellin du Coteau, qui s'est imposé là une bien lourde tâche, toutes choses qui s'adressent plus particulièrement à l'éducateur physique sinon au médecin, qui trouvera bien souvent là un aide-mémoire excellent et très complet.

Nombre d'autres questions annexes ont trouvé place comme il convenait, et ce n'est pas là la moindre originalité de cet ouvrage qui brille par l'éclectisme : la morphologie humaine de Sigaud, l'entraînement des moteurs animés sont susceptibles d'apporter à l'entraîneur et au médecin bien des éléments nouveaux; également les considérations sur l'énergétique musculaire signées Pr Marcel Labbé. Nous ne saurions insister sur l'intérêt considérable du chapitre « la Fatigue ». Et l'exposé complet de la valorisation humaine ne manquera pas non plus d'attirer l'attention du lecteur.

Les meilleurs spécialistes de ces questions, appartenant tous au corps médical, exposent ensuite le rôle de l'Education physique en pathologie et dans quelles mesure les affections les plus diverses (maladies des voies respiratoires, déformations vertébrales, ptoses et dyspepsies, en particulier) relèvent de la thérapeutique par le mouvement.

Avant d'exposer les principales méthodes d'éducation physique, qui forment le deuxième tome de l'ouvrage, il était indispensable de rappeler ce que sont la croissance et le développement physique normaux. Ces chapitres rendent plus compréhensifs les divers exposés et permettent, dans une certaine mesure, de prendre parti dans la compétition des méthodes, bien que le talent d'un chacun rende le choix très difficile.

Un court Historique de l'Education physique et une abondante Bibliographie, groupant plusieurs milliers de titres et de références, achèvent de donner à l'ouvrage son caractère encyclopédique, grâce auquel le *Traité d'Education physique* est appelé à faire œuvre utile, tant auprès des éducateurs que des médecins.

A. D.

*
**

Laubry (Charles), *Médecin des Hôpitaux de Paris*, avec la collaboration de MM. Daniel Routier, J. Walser et Ed. Doumer. — **Maladies du cœur et des vaisseaux.** — *1 fort volume* (20,5 × 28) *de 1250 pages, avec 242 fig. dans le texte, et 10 planches de couleurs hors texte. (Prix, relié en 1 volume :* 280 *francs; relié en 2 volumes :* 290 *francs). Gaston Doin et Cie, éditeurs, 8, place de l'Odéon, Paris.*

Le traité de pathologie cardio-vasculaire publié par Laubry en collaboration avec ses élèves, Routier, Walser et Doumer, qui forme la première partie du tome III du Nouveau Traité de pathologie interne, vient de paraître.

Il était attendu de ceux qui ont recueilli l'enseignement de Laubry à l'hôpital Broussais et qui suivent depuis longtemps ses cliniques et ses travaux en cardiologie.

Non seulement ce traité apporte une mise au point de la pathologie cardiaque, rendue nécessire par l'évolution incessante des idées et des doctrines, mais il est empreint de la personnalité de celui qui en a assumé la rédaction. On y trouvera le reflet de l'enseignement de Broussais, l'empreinte de conceptions souvent hardies, la trace d'un esprit critique qui n'est jamais en défaut.

Les données classiques ne sont pas oubliées; elles sont passées au crible d'une longue expérience et complétées en maints endroits par des conceptions nouvelles déjà répandues et acceptées dans le monde médical.

Parmi les chapitres qui portent ce cachet d'originalité, citons :

— La dualité des insuffisances ventriculaires et surtout la notion de l'insuffisance ventriculaire droite.

— L'étude des myocardies.

— Le chapitre des endocardites infectieuses, du rhumatisme cardiaque évolutif, rédigé à la faveur d'observations vécues.

— L'angine de poitrine, les neurotonies et les artérites pulmonaires qui ont fait l'objet de travaux et de thèses des élèves de Laubry.

— La physiologique de l'insuffisance cardiaque.

A chaque collaborateur a été dévolue la partie de l'ouvrage où il s'était distingué par ses travaux personnels. C'est avec Daniel Routier que Laubry a écrit notamment la sémiologie, les arythmies et une partie des anxiétés cliniques cardiaques. A. Walser revenait naturellement d'écrire avec lui les myocardies et les myocardites, les neurotonies et toute la pathologie vasculaire, y compris celle des artérites pulmonaires.

Enfin, les travaux communs faits avec Doumer ont trouvé leur expression synthétique dans le chapitre de l'hypertension.

En résumé, le nouveau traité de Laubry n'est pas une œuvre de compilation, écrite sans enthousiasme et sans responsabilité. Il y a là une synthèse vivante des conceptions modernes exposées avec toute la clarté désirable par ceux qui ont le plus contribué à leur donner naissance et droit de cité.

Les discussions théoriques développées dans la mesure indispensable cèdent partout la place aux exposés cliniques et thérapeutiques les plus précieux pour l'étudiant et le praticien.

Si maintenant nous donnons une analyse succincte de l'œuvre, on voit les auteurs passer successivement en revue :

Dans une première partie (maladies du cœur), la sémiologie objective fonctionnelle et générale du cœur, y compris les méthodes techniques les plus récentes, ensuite les grands symptômes d'atteinte régionale

qui comprennent les arythmies, les syndromes endocardiques et myocardiques.

Sous le nom de cardiopathies spécifiques sont rangés et étudiés le rhumatisme cardiaque, la syphilis et la tuberculose du cœur, le cœur sénile, à propos duquel l'infarctus du myocarde reçoit tous les développqui avaient déjà fait l'objet d'un traité spécial en cœur, les traumatismes cardiaques, les neurotonies cardio-vasculaires trop souvent négligées malgré leur intérêt clinique. Les infections congénitales du cœur qui avaient déjà fait l'objet d'un traité spécial en collaboration avec Pezzi, forment deux grands chapitres à part.

Cette partie se termine par les insuffisances cardiaques, chapitre le plus important, le plus riche en considérations théoriques et en déductions pratiques.

La *seconde partie* du volume traite des maladies des vaisseaux et s'ouvre par un exposé de la tension artérielle et de ses troubles. Dans ces syndromes hypertensifs, Laubry et Doumer ont mis au point le difficile problème de la pathogénie de l'hypertension artérielle sans se laisser égarer dans des théories trop spécieuses, et Laubry a tenu à traiter seul les syndromes hypotensifs et à dire à ce sujet son opinion personnelle.

Enfin Laubry et Walser abordent l'étude sémiologique et clinique des aortites, celle des artérites dans lesquelles ils isolent les syndromes d'attente inflammatoire ou dégénératrice des parois artérielles, les syndromes d'oblitération artérielle, les phlébites, où ils se montrent dans la pathogénie d'une largeur de vues assez originale, en terminant par la pathologie de l'artère pulmonaire que, malgré les travaux de l'école, ils dénomment un chapitre d'attente aux lignes principales fortement dessinées.

Tel quel, l'ouvrage contient 1.250 pages illustrées et plus de 242 figures ou tracés, et cependant Laubry, dans sa préface, se demande s'il est encore complet et se défend des oublis possibles en disant que ce livre a été écrit avec conscience.

A. D.

***

Régis (E.) et **Hesnard** (A.). — **La Psycho-analyse des névroses et des psychoses. Ses Applications médicales et extra médicales.** 3e édition entièrement refondue. — *In*-16 *de* 440 *p.* (*Prix : 25 francs*). *Félix Alcan,* 1929.

Pourquoi ce titre de *psycho-analyse* qui disparaît dès la page de garde pour faire place au vocable de *psychanalyse* — classique aujourd'hui?

Ce traité présente cette particularité que de ses deux auteurs, l'un est mort depuis la parution de la 1re édition (1914) et l'autre a radicalement changé d'opinion sur le sujet. Il en convient d'ailleurs le plus correctement du monde et donne avec une grande conscience le texte ancien côte à côte avec le nouveau, lorsqu'ils sont opposés.

M. Hesnard est maintenant Freudien convaincu et l'on pourra lire avec intérêt ce livre un peu touffu, pour peu que l'on ait la curiosité de connaître ce son de cloche. Qu'il y ait là quelque chose d'intéressant, on n'en peut disconvenir. Mais pour un esprit formé par la culture française et latine, il y aura toujours beaucoup plus de joie à relire du même éditeur (1924) la Psychanalyse du prof. Ch. Blondel, de Strasbourg, chef-d'œuvre de clarté et d'ironie — ce qui ne gâte rien — mais dont les conclusions sont bien différentes de celles du présent livre.

Dr Alb. Kahn.

5° Art de l'ingénieur.

Levy Salvador et **Prudon** (L.). — **Travaux maritimes**. *Tome* Ier. — 1 *vol. in*-8° *de* VIII-532 *pages, avec* 317 *figures. Dunod, éditeur, Paris,* 1929. (*Prix, broché :* 62 *fr.* 50).

Les projets de travaux maritimes, comme leur exécution, demandent des connaissances extrêmement étendues, que l'enseignement livresque est insuffisant à fournir. Seule l'expérience dans la matière permet à l'ingénieur de vaincre les nombreuses difficultés qu'il rencontre. Cela ne veut cependant pas dire que les ouvrages concernant les travaux maritimes soient superflus, car ils orientent au moins l'esprit de l'ingénieur vers les phénomènes où son attention doit être particulièrement dirigée.

L'enseignement par le livre, comme l'enseignement oral d'ailleurs, ne doit donc être considéré que comme une première initiation à l'art de l'ingénieur de travaux maritimes, et c'est à ce titre qu'un ouvrage comme celui-ci se justifie amplement.

L'action des phénomènes naturels, des vents, des marées, l'érosion des côtes, les alluvions, les dépôts de galets, les courants qui sont les obstacles que rencontre si souvent le constructeur, sont traités en premier lieu dans ce volume où les auteurs abordent ensuite l'étude complète des travaux d'aménagement, d'amélioration des ports naturels ou artificiels, l'établissement des passes, rades, bassins, et la création d'ouvrages divers, môles, jetées, murs de quais, écluses. Ils décrivent ensuite et très complètement les travaux de dérochement et de sondage si importants dans l'espèce, puis aussi les divers moyens de rétablir les communications interrompues par les passes. Les chapitres suivants sont consacrés à l'étude des fleuves et canaux maritimes, à l'amélioration de la navigabilité, à la description des navires, aux questions d'échouage et de renflouement des navires, aux travaux sous l'eau, à l'action de l'eau de mer sur les matériaux et aux moyens de les protéger contre cette action, enfin à la défense des côtes soit au moyen d'ouvrages longitudinaux, soit par engraissement ou reconstitution du rivage au moyen d'épis.

F. Michel.

***

Malette (J.), *Chef du laboratoire de chimie à l'Ecole des Ponts et Chaussées.* — **Les Défauts des Mortiers**

et des Bétons. — *1 vol. in-8° de* IV-226 *pages, avec 49 figures. Dunod, éditeur, Paris,* 1929. (*Prix : broché, 50 fr.*).

L'opinion publique a été récemment émue par de nombreux accidents survenus à des constructions en cours, établies en béton armé, et s'est demandé avec inquiétude si ce mode de construction offre vraiment des garanties suffisantes.

Dans la plupart des cas, il faut bien l'avouer, la chute des ouvrages est due à des malfaçons ou à une insuffisance de dosage en liants hydrauliques, ou à l'emploi de mortiers ou de bétons défectueux. Par suite les questions suivantes se posent légitimement à l'attention : Quels sont les indices qui permettent de distinguer les bons des mauvais matériaux? Quels sont les corps qui exercent sur eux des actions destructives? Dans quelles conditions doit-on employer les matériaux pour qu'ils puissent résister victorieusement aux actions physiques, chimiques et atmosphériques? Enfin, comment, après leur mise en œuvre, peut-on déceler leurs défauts et reconnaître si les mortiers et les bétons ont, ou non, été confectionnés suivant les règles de l'art ou selon les conditions des devis ou des cahiers des charges ?

Ce sont ces divers aspects de la question que l'auteur examine dans son ouvrage.

Dans le premier chapitre, il étudie les liants, leur constitution, leur tenue, leur analyse et leurs essais en donnant le texte de l'arrêté ministériel du 31 mars 1928, concernant les marchés de fournitures des liants.

Les chapitres suivants sont consacrés aux sables, aux graviers, cailloux et pierres cassées, et à l'eau de gâchage.

Le chapitre qui suit est évidemment le plus important, car il concerne la composition, le dosage des mortiers, sa solidification, sa perméabilité, les actions réciproques de ses constituants, l'influence de la gelée, la décomposition par les eaux salines et les eaux pures, le mode d'exécution, les instructions ministérielles. Enfin il est fait un examen détaillé des conditions que doivent remplir les mortiers et bétons pour être à même d'assurer la solidité des ouvrages.

L'auteur ajoute en outre, dans un dernier chapitre, comment on doit s'y prendre pour faire l'expertise des agglomérats hydrauliques et donne un résumé des considérations développées dans les chapitres précédents, et les raisons pour lesquelles la nécessité s'impose d'exercer une surveillance rigoureuse dans la confection des mortiers et bétons

L'auteur, qui est fonctionnaire pense naturellement qu'un contrôle officiel de la réception des matériaux et des travaux est indispensable, dans l'intérêt général, et pour la sécurité publique. Evidemment en raison de l'insuffisante préparation technique des architectes surtout préoccupés des aménagements et de l'aspect des constructions un contrôle est souhaitable pourvu qu'il ne soit pas étatiste.

L'ouvrage présente donc un intérêt capital pour les ingénieurs et conducteurs de travaux, entrepreneurs et surveillants de chantiers, comme pour les experts appelés à examiner un ouvrage en vue d'établir les responsabilités de malfaçon.

L. Potin.

***

Vigreux (H.), *Chef d'atelier à la Faculté des Sciences de Paris.* — **Le Soufflage du verre dans les Laboratoires scientifiques et industriels.** — *1 vol. de* XVIII-272 *pages,* 255 *figures. Dunod, éditeur. Paris,* 1930. (*Prix : broché,* 35 *fr.*).

Tout physicien ou chimiste digne de ce nom doit pouvoir construire lui-même la plupart des appareils en verre qu'il conçoit ou qu'il utilise et, qu'il ne peut trouver d'une façon courante dans le commerce.

Mais cela nécessite des tours de mains et des méthodes que le débutant ne peut acquérir que par l'expérience et à la condition évidente d'y être aussi initié. Or, aucun ouvrage suffisamment documenté n'existait encore sur le sujet.

Les deux éditions successives vite renouvelées du travail de M. Vigreux montrent bien qu'il répondait à un véritable besoin du personnel des laboratoires.

Sans vouloir faire une œuvre didactique M. Vigreux a rassemblé sous une forme claire et concise, tout ce que sa longue expérience personnelle lui a dicté pour faciliter aux étudiants le travail du verre sous ses aspects les plus variés.

L'originalité de ce travail consiste donc surtout dans l'exposé des moyens qu'emploie M. Vigreux pour la construction des différents appareils dont il a conçu lui-même les dispositifs.

La première partie traite d'une façon rapide de l'histoire du verre et ses applications; la deuxième expose l'ensemble des procédés utilisés dans le travail du verre et tous les tours de mains nécessaires pour le soufflage au chalumeau. La troisième partie concerne les moyens les plus pratiques pour construire les appareils courants de laboratoire, renferme un chapitre sur la construction des thermomètres médicaux et des perles, et se termine par un choix de recettes diverses précieuses dans les laboratoires.

Ce petit volume sera le bienvenu même près des vieux physiciens et chimistes comme il sera accueilli avec faveur par les étudiants et les débutants dans le travail du verre.

F. Michel.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 20 Janvier 1930.

Sciences naturelles. — M. **H. Besairie** et Mlle **E. Basse** : *Observations stratigraphiques et paléontologiques nouvelles sur le Crétacé inférieur et moyen de la province de Maintirano (Ouest de Madagascar).* 1° Les observations stratigraphiques et les récoltes faites par les auteurs permettent d'affirmer que, dans la province de Maintirano, les épanchements basaltiques qui couvrent d'immenses surfaces, ont eu lieu entre le Turonien inférieur et la base du Santonien. 2° Les récoltes paléontologiques effectuées dans la région moyenne de Madagascar ont un très grand intérêt paléogéographique car elles permettent de reconstituer le trajet de la zone bathyale du Turonien inférieur, entre l'Inde et le Sud-Ouest malgache. — M. **Raymond Furon** : *Sur quelques points nouveaux de la Géologie du Soudan Occidental (Diawara, Kaarta et Fouladougou).* L'étude stratigraphique des grès et des schistes dans le Fouladougou, le Kaarta, le Diawara et le Hodh, amène l'auteur à penser qu'il existe au Soudan occidental deux séries de grès : l'une inférieure, l'autre supérieure aux schistes, quartzites, calcaires et pélites. Aucun fossile ne permet actuellement de dater avec certitude ces formations horizontales qui s'étendent sur d'immenses surfaces, mais on a des éléments de comparaison : au Nord les grès tassiliens et les schistes à graptolithes du Sahara et plus près, au Sud-Ouest, en continuité topographique, les grès gothlandiens de la Guinée. Les couches inférieures des grès de Guinée sont fossilifères à Télimélé. Quant à la partie supérieure des grès, elle est dévonienne en Mauritanie et au Sahara. — M. **Laurent Rigotard** : *Rôle du soufre dans la formation de la terre végétale.* Le rôle du soufre dans la formation de la terre végétale est le suivant. Il agit : 1° dans la désagrégation physique de la roche qui le contient le plus souvent à l'état de sulfure ; 2° dans la modification chimique des roches ; 3° dans le développement des organismes qui contribuent, eux aussi, puissamment, à la formation des sols arables. — M. **Louis Dangeard** : *Sur la présence de Solénopores dans les formations oolithiques et pisolithiques du Lusitanien de Mortagne (Orne).* L'auteur signale deux nouveaux gisements de Solénopores situés à quelques kilomètres de Mortagne, et appartenant au Lusitanien. Les échantillons ont été extraits d'une gangue de calcaire oolithique et pisolithique, calcaire corallien de la carte géologique. Les *Solenopora* forment, dans ces gisements, des nodules de taille variable, qui, une fois sectionnés, présentent une délicate teinte rose ou lie de vin, répartie suivant des zones concentriques de 2 à 3 mm., laissant entre elles de minces bandes blanches. Cette coloration semble bien due à la conservation du pigment de l'Algue. Les zones concentriques présentent de nombreuses ondulations qui témoignent d'une croissance irrégulière. Les nodules sont fréquemment accidentés de perforations, de déchirures remplies de calcaire colithique. — MM. **M. Bridel** et **C. Charaux** : *Recherches sur les variations de coloration des plantes au cours de leur dessication. Sur un nouveau chromogène, l'orobérol, retiré de l'*Orobus tuberosus L. L'*Orobus tuberosus L.*, plante de la famille des Légumineuses-Papilionacées, lorsqu'elle est séchée à l'air ou plongée dans une atmosphère saturée d'éther (plasmolyse) prend une teinte noir bleuâtre très foncée tout à fait caractéristique. Les auteurs exposent la méthode qui leur a permis d'extraire le chromogène qui cause le noircissement et qu'ils nomment l'orobérol. Ils nous donnent également les propriétés de l'orobérol, pour lequel ils proposent la formule $C^{18}H^{14}O^8$. L'orobérol renferme deux fonctions : acide libre ou une fonction acide et une fonction lactone très labile. — M. **B. Soyer** : *Variation de la perméabilité des cellules au cours de la végétation chez une plante ligneuse.* Les grandes migrations printanière et automnale, qui se produisent dans les organes du Chêne sont accompagnées de modifications profondes de la perméabilité cellulaire, modifications ayant pour conséquence de faciliter la circulation des liquides à l'intérieur des tissus. — M. **P. Chevey** : *Sur la valeur de la méthode de la lecture des écailles appliquée aux poissons de la zone intertropicale.* Sur de nombreux échantillons l'auteur a constaté que l'hiver tonkinois marque les écailles des poissons, alors que rien de semblable ne se manifeste en Cochinchine. C'est un écart de 4° à 5° C. entre la température estivale et la température hivernale des couches superficielles qui provoque un ralentissement de croissance chez les poissons du Tonkin et son inscription sur les écailles. D'autre part si l'on trouve dans le Sud des espèces à écailles marquées, c'est qu'elles auront passé l'hiver dans le Nord, et inversement, si dans le Nord on observe des espèces à écailles non marquées, c'est qu'elles auront passé l'hiver dans le Sud ; c'est donc là une méthode pour l'étude du problème des migrations. Enfin certaines observations peuvent donner des indications d'ordre hydrologique très précises et permettent de diviser les eaux qui baignent les côtes d'Indochine en 3 secteurs, caractérisés par différentes particularités thermiques. — M. **J. Millot** : *Colulus et filières non fonctionnelles chez les Aranéides.* Le colulus est un petit appendice impair et médian qui se trouve à la partie postérieure de l'abdomen des Araignées, immédiatement au-dessous des filières inférieures. L'étude de sa structure interne révèle une constitution si rudimentaire qu'il est permis d'affirmer que le colulus n'exerce aucune fonction définie. D'autre part l'auteur a montré qu'il existe, chez les Aranéides, des filières non fonctionnelles ; or la structure interne de telles filières se révèle identique à celle du colulus. Enfin même le fait que les filières sont typiquement des organes pairs alors que le colulus est unique et médian, ne doit pas faire hésiter à leur faire reconnaître la même significa-

tion car on connaît, chez les araignées maints exemples d'une fusion d'organes pairs sur la ligne médiane, le cribellum par exemple. — M. **C.-N. Dawydoff** : *Quelques observations sur les* Ctenoplana *des mers de Chine.* L'auteur a déjà signalé la découverte, à Nhatrang (Annam) de trois espèces nouvelles du genre *Ctenoplana.* Il donne, dans cette note, le résumé de ses observations sur ces animaux vivants. Il n'a que peu de choses à dire sur leur biologie. Il semble que, contrairement à *Coeloplan, Ctenoplana* soit plutôt un organisme pélagique. L'auteur donne de plus quelques indications sur l'appareil respiratoire, l'organe aboral et les organes génitaux. — MM. **L. Garrelon, D. Santenoise, H. Verdier** et **M. Vidacovitch** : *Pancréas et excitabilité pneumogastrique.* Les auteurs ont pu démontrer que le pancréas exerce une action importante sur l'activité fonctionnelle du système nerveux végétatif en sécrétant et en déversant dans le sang une hormone vagotonisante différente de l'insuline. — MM. **René Hazard** et **Michel Polonovski** : *Rôle physiologique de la fonction amine tertiaire dans le noyau pyrrolidine-pipéridine. Importance de la notion d'isomérie.* Dans le noyau pyrrolidine-pipéridine, la transformation de la fonction amine tertiaire en fonction aminoxyde réduit également l'action cardiovasculaire de deux isomères, tropanol et pseudotropanol. Il n'en est plus de même pour le passage à la fonction amine secondaire : si la déméthylation du tropanol, en effet, lui enlève presque toute activité sur le cœur et les vaisseaux, la déméthylation de son isomère, loin de diminuer l'efficacité de la molécule, rend ses actions plus constantes et semble lui conférer une activité cardiovasculaire propre. En somme, la déméthylation annihile l'action d'un isomère et renforce les effets de l'autre. Ici encore se manifeste le rôle important joué par l'isomérie dans de tels composés. — M. **R. Meesemaecker** : *Nouvelle réaction colorée de l'ergostérol. Différenciation de l'ergostérol et de l'ergostérol irradié.* 1° L'addition d'anhydride acétique, puis de chlorure de zinc à une solution chloroformique d'ergostérol provoque la formation d'une coloration rose, puis verte, très stable, qui semble caractéristique des stérols du groupe de l'ergostérol. 2° L'addition de chlorure de zinc ou d'anhydride phosphorique seuls à une solution chloroformique d'ergostérol produit une coloration rose avec la solution récente ou conservée à l'obscurité, et une coloration verte avec les solutions exposées à la lumière du jour ou bien exposées aux radiations ultraviolettes. L'intensité de cette coloration semble proportionnelle à la durée d'exposition. — M. **L. Lutz** : *Sur les ferments solubles sécrétés par les Champignons Hyménomycètes. Les carbures d'hydrogène et les oxydes terpéniques constituants des huiles essentielles et la fonction antioxygène.* — M. **M. Azéma** et et **H. Pied** : *Recherche du vanadium dans le sang des Ascidies.* De l'étude, par voie spectrale faite par les auteurs, il ressort que le vanadium existe non seulement dans le sang de *Phallusia mamillata* comme l'avait montré Henze, mais aussi dans celui de deux espèces assez différentes appartenant à la famille des Ascidiiadae. Le vanadium a également pu être mis en évidence dans le sang des deux Botrylles les plus caractéristiques. — M. **Constantinio Gorini** : *Coccus mammaires hétérogènes, leur dissociation.* L'auteur a étudié 65 souches de coccus mammaires, provenant de mamelles saines et de mamelles malades, et il conclut en affirmant que chaque souche de coccus est un mélange en proportions inégales de types différents, dont l'action complexe dépend du type qui prend le dessus soit parce qu'il est plus nombreux ou plus vigoureux, soit à cause de conditions locales habituelles ou occasionnelles. Ce qui explique l'inconstance que l'on observe dans les propriétés des streptocoques suivant l'âge, l'origine, les milieux de culture employés, et la façon dont ils sont stérilisés, la température d'incubation, l'acidité initiale, etc. De ces observations on peut tirer un argument en faveur de l'unicité des streptocoques, ou du moins de leur étroite parenté. — M. **E. Plantureux** : *Sur la nature de la lyse transmissible des bactéries.* Les expériences résumées dans cette Note montrent qu'il est possible, par culture en milieu très alcalin, de faire apparaître chez des souches bactériennes pures un pouvoir lytique, transmissible en série. Cette possibilité est incompatible avec l'hypothèse que la lyse est déterminée par un microorganisme vivant, le bactériophage, comme le pense d'Hérelle. Le terme de bactériophage (mangeur de bactéries) est donc impropre. L'auteur propose de le remplacer par celui de *bactériolyte pour désigner le principe* déterminant la lyse. Ce terme, n'indiquant que l'effet produit, pourra subsister, quelles que soient les hypothèses pouvant être émises sur la nature même du principe lytique. — MM. **Arnault Tzanch** et **Jean Charrier** : *Traitement des hémorragies graves de différentes formes.*

Séance du 27 Janvier 1930.

SCIENCES NATURELLES. — **M. L. Cayeux** : *Existence de deux groupes d'Algues à structure conservée dans le « système Schisto-calcaire » du Congo français.* Le système schisto-calcaire du Congo français renferme de nombreux restes de végétaux inférieurs, relevant pour partie d'Algue calcaires siphonées et caractérisant un milieu marin. Jusqu'ici confondues avec des oolithes, ces Algues siphonées ont peut-être joué un rôle considérable dans l'élaboration des calcaires du Congo, ce qui expliquerait, dans une certaine mesure, l'absence de fossiles appartenant au règne animal. On trouve de plus, dans ce système, des Algues non calcaires, qui ont conservé une microstructure souvent intacte, et leur matière organique, bien que le milieu soit complètement silicifié. La découverte dans le système schisto-calcaire du Congo de si nombreuses Algues confirme le rôle de tout premier plan que les Algues ont joué dans la formation des calcaires paléozoïques. — M. **H. Besairie** et Mlle **Basse** : *Obervations stratigraphiques et paléontologiques nouvelles sur le Crétacé supérieur de la province de Maintirano (ouest de Madagascar).* — MM. **Ch. Brioux** et **Edg. Jouis** : *Corrélation entre la finesse et la solubilité carbonique des calcaires broyés, et leur action neutralisante sur les sols acides.* 1° La rapidité d'action des diverses poudres calcaires est proportionnelle à leur finesse. 2° L'action neutralisante des diverses poudres est nettement en rapport avec leur solubilité

carbonique. Plus les calcaires sont durs, plus il y a d'écart entre l'action des poudres grossières et celle des poudres impalpables. L'auteur estime donc que la solubilité carbonique des calcaires broyés, déterminée dans des conditions bien spécifiées, peut, en même temps que l'évaluation de leur degré de finesse, servir de base à l'établissement d'une méthode rationnelle permettant d'apprécier leur valeur agricole comme amendements. — M. **P. Chevey**: *Sur divers rythmes autres que des rythmes thermiques susceptibles de marquer les écailles des poissons de la zone intertropicale.* Les poissons des bouches du Mékong et du Bassac, ont des écailles *marquées*, c'est-à-dire des écailles qui portent la trace d'un rythme alternatif de ralentissements et d'accélérations de croissance. Or tous les ans, d Octobre à Mars, ces deux fleuves déversent dans la mer une énorme quantité de matière azotée qui provoque une concentration temporaire, mais très dense, de toute la population ichtyologique marine avoisinante. C'est ce rythme alternatif de concentrations et de dispersions qui s'inscrit sur les écailles l'accélération de croissance correspondant à la concentration provoquée par l'abondance de nourriture, son ralentissement coïncidant avec la phase de dispersion. D'autre part, les auteurs ont constaté que tous les poissons des grands fleuves de Cochinchine et du Cambodge portent sur leurs écailles la trace d'un rythme périodique de croissance. Les arrêts de croissance correspondent aux mauvaises conditions de la saison des basses eaux. — M. **E. Kohn-Abrest**, Mlle **Hélène Villard** et M. **L. Capus** : *Présence des sulfocyanures dans l'organisme humain. Transformations post mortem du véronal, dial, gardénal en composés cyanhydriques. Conséquences en toxicologie.* Les auteurs ont démontré expérimentalement que sous l'influence de la putréfaction, les dérivés barbituriques si largement employés tels que véronal, dial, gardénal, se transforment,tout au moins en partie,en dérivés cyanhydriques. L'hypothèse de cette transformation dans l'organisme vivant, expliquerait la toxicité parfois si imprévue de ces hypnotiques. Quoi qu'il en soit, ces faits doivent inciter à beaucoup de prudence en ce qui concerne la preuve de l'empoisonnement cyanhydrique, question jusqu'alors considérée par les toxicologues comme relativement facile. — MM. **Charles Nicolle, Paul Durand** et **Ernest Conseil** : *Vaccination préventive contre la pneumonie pesteuse par voie respiratoire.* A la suite de nombreuses observations, faites au cours d'une récente épidémie de peste pulmonaire à Tunis, les auteurs estiment que l'action préventive du vaccin antipesteux, introduit par voie respiratoire, paraît assez probable pour qu'il y ait lieu d'employer désormais cette méthode à la prévention de la pneumonie pesteuse, vis-à-vis de laquelle nous étions jusqu'à ce jour, désarmés. — M. **Auguste Lumière** et Mlle **Anna Malespine** : *Influence empêchante de la gestation sur le phénomène d'Artus.* A la suite d'injections sous-cutanées de sérum de cheval, répétées à intervalles de 5 à 6 jours, tous les Lapins mâles expérimentés, sans exception, ont présenté, dès la quatrième piqûre des lésions locales au point d'inoculation (phénomène d'Artus). Mais chez les femelles si les injections sériques sont pratiquées pendant la gestation, la sensibilisation ne se produit pas et les réinoculations sont complètement inopérantes. De plus, alors que le sérum du Lapin mâle a acquis une propriété floculante très marquée vis-à-vis du sérum de Cheval, le sérum de la femelle en gestation ne précipite pas le sérum de Cheval, qui perd ainsi son pouvoir antigénique pendant leur grossesse. L'immunité des femelles pleines est à rapprocher de leur résistance aux chocs anaphylactiques et aussi de l'échec de la greffe cancéreuse observé chez les femelles en gestation.

SOCIÉTE DE BIOLOGIE

Séance du 7 Décembre 1929.

M. **A. Cacanei** : *Sur les altérations des cultures d'un* Trichophyton gypseum *au cours du vieillissement.* L'auteur a isolé à partir de vieilles cultures d'un *Trichophyton gypseum*, en plus de la forme pléomorphique duveteuse blanche, classique, trois types culturaux différents qui semblent représenter des étapes intermédiaires au cours de la dégradation, le duvet blanc constituant le stade ultime de la transformation pléomorphique. — MM. **C. Levaditi, Y. Manin** et **A. Hoard** : *Circulation du bismuth dans l'organisme.* Au fur et à mesure que le Bi liposoluble, administré par voie intra-musculaire, se résorbe *in situ*, le rein s'enrichit en bismuth, alors que la concentration métallique du sang reste constamment faible. L'émonctoire rénal joue le rôle d'un condensateur, appelé à régler le potentiel bismuthique du sang. La teneur du rein en bismuth traduit fidèlement le degré de l'activité curative et préventive de cet élément, considérée à un moment donné, entre l'administration du médicament et son élimination intégrale. — M. **R. Vinzent** : *Syndrome hémorragique au cours d'une Bactériurie à* Bacillus perfringens. L'auteur a observé l'apparition d'un syndrome hémorragique au cours d'une bactériurie à *B. perfringens* chez une Femme porteuse de Trichocéphales ; les hémorragies et la bacillurie ont disparu après application de la sérothérapie spécifique. — MM. **R. Goiffon** et **R. Blasko** : *La tension superficielle des urines chez les Tuberculeux pulmonaires.* Des mesures de tension superficielle ont montré aux auteurs que les urines des tuberculeux pulmonaires contiennent un excès d'urobiline avec une teneur normalement faible en sels biliaires. — MM. **Loeper, A. Lemaire** et **J. Patel** : *Action de l'adrénaline et de l'acétylcholine sur la pression rachidienne.* 1° L'injection d'adrénaline chez le Chien chloralosé est suivie d'une élévation de la pression du liquide céphalorachidien ; cette hypertension est exactement parallèle et synchrone à l'hypertension carotidienne. 2° L'injection intraveineuse d'acétylcholine est suivie d'une chute brutale et passagère de la pression rachidienne, puis très rapidement la courbe s'élève fortement et retombe progressivement à son niveau initial. On ne peut qu'être frappé de l'analogie qui existe entre ces accidents et ceux qui s'inscrivent simultanément sur la courbe de pression artérielle. — MM. **Loepper, A. Lemaire** et **J. Patel** : *Les variations respectives de la pression rachidienne et de la pression veineuse sous l'influence de l'adrénaline.* L'augmentation de la pression rachidienne sous l'influence de l'adrénaline est parallèle et simultanée à celle de la pression veineuse. Les variations sont d'égale

durée et l'on peut en donner l'explication suivante : l'adrénaline élève la pression veineuse comme l'ont montré Draganesco et Liéou ; la pression rachidienne et la pression veineuse encéphalique sont intimement liées. Donc l'hypertension rachidienne adrénalinique, est, tout au moins en partie, dépendante de l'hypertension veineuse. — MM. **P. Remlinger** et **J. Bailly** : *Inoculation du Bacille tuberculeux par voie nasale.* L'instillation nasale de Bacilles tuberculeux amène la mort du Cobaye de façon sensiblement plus précoce que l'instillation conjonctivale. L'expérience a permis de vérifier ce qu'*a priori* il n'était pas impossible de prévoir. D'une surface muqueuse d'aussi minime étendue que celle de la conjonctive les produits pathologiques sont vite expulsés, tandis que la conformation de la narine se prête à leur séjour prolongé. Il était naturel que, de ce fait, l'évolution de la maladie subît une modification. Un grand nombre de germes et de virus se comportent vraisemblablement de façon analogue (typhus exanthématique, par exemple). — MM. **F. Caridroit** et **V. Régner** : *Les transplantations testiculaires homoplastiques et les groupes sanguins chez les Oiseaux.* Si l'échec des transplantations hétéroplastiques peut être attribué à des réactions sériques (dont la présence d'agglutinines dans les humeurs ne traduit qu'un des aspects) celle des transplantations homoplastiques relève de différences plus ténues, puisqu'il a été impossible aux auteurs de distinguer des groupes sanguins dans les races de *Gallus domesticus* sur lesquelles ils ont expérimentés. — M. **M. Azéma** : *Le sang des Botrylles.* — MM. **Ch. Oberling** et **A. Kallo** : *Ulcères aigus de l'estomac consécutifs à des lésions expérimentales des noyaux gris.* On sait que des lésions cérébrales, tant expérimentales que spontanées, s'accompagnent parfois d'ulcérations stomacales. Ces lésions sont observées dans des délais qui varient de 20 heures à 15 jours après l'intervention. Il n'existe aucun parallélisme entre la gravité des lésions et la rapidité de leur apparition. Très probablement, par contre, c'est de la topographie des lésions cérébrales que dépend l'intensité des troubles angio-neurotiques de l'estomac ; malheureusement, le nombre relativement restreint des animaux mis en expérience ne permet pas de donner des indications plus précises à ce sujet. — M. **A. Saenz** : *Sur la dispersion des Bacilles paratuberculeux de la fléole inoculés au Cobaye par la voie péritonéale.* Le Bacille paratuberculeux de la fléole passe plus rapidement dans la circulation sanguine quand il est inoculé par la voie péritonéale (50 minutes) que lorsqu'il est inoculé par la voie sous-cutanée (90 minutes). En outre, la phase bacillémique est de plus longue durée. Il semble que cette persistance de la bacillémie, puisse être attribuée à ce fait qu'un certain nombre de Bacilles échappent aux réactions locales qui aboutissent à la formation de petits abcès dans l'épiploon et à la surface du péritoine. D'autre part, ne rencontrant sur leur parcours aucun filtre d'arrêt ganglionnaire, ils pénètrent directement, par les voies lymphatiques, dans les ganglions trachéo-bronchiques. Dans la suite, l'infection reste purement locale, les Bacilles disparaissent progressivement des organes où ils étaient fixés. — MM. **G. Paisseau** et **V. Oumansky** : *Tuberculose atypique du Cobaye avec tumeurs et suppurations ganglionnaires curables.* L'inoculation au Cobaye de produits pathologiques humains non filtrés présumés tuberculeux a parfois permis d'obtenir une variété de tuberculose atypique qui, malgré la présence de nombreux Bacilles acido-résistants dans les ganglions de l'animal, reste localisée au système lymphatique où elle provoque de très volumineuses adénites parfois suppurées qui évoluent normalement vers la guérison avec disparition des Bacilles tuberculeux. Cette tuberculose ganglionnaire est transmissible en série sans aboutir nécessairement à la tuberculose viscérale généralisée typique. Ces caractères essentiels maintiennent une analogie complète avec la tuberculose provoquée par les filtrats. Quoi qu'il en soit des relations des Bacilles acido-résistants avec les éléments issus du virus filtrable, la difficulté de reproduire une tuberculose généralisée typique par l'inoculation de produits dans lesquels ils se trouvent en très grande quantité témoigne qu'il s'agit de races dont la virulence doit être considérée comme très notablement atténuée. — MM. **L. Nègre, A. Boquet** et **J. Valtis** : *Sur la dégradation du pouvoir pathogène d'une race virulente du Bacille tuberculeux.* Les auteurs ont montré précédemment que la souche « Bovine Vallée » repiquée tous les quatre jours sur le milieu synthétique de Sauton subit un abaissement professif de sa virulence. Leur plus récentes recherches ont montré que de telles souches paraissent sensibiliser les Cobayes et les Lapins à la tuberculine d'une façon plus inconstante et plus fugace qu'un Bacille complètement avirulent comme le Bacille bilié de Calmette et Guérin. — MM. **A. Boquet, L. Nègre** et **J. Valtis** : *Infection et surinfection du Cobaye et du Lapin par le Bacille paratuberculeux de la fléole.* L'infection par le Bacille de la fléole détermine dans l'organisme du Lapin, des modifications réactionnelles qui se traduisent, lors de la surinfection intraveineuse, par un raccourcissement de la période bacillémique et par la stérilisation plus rapide des foyers spléniques, hépatiques, pulmonaires et trachéo-bronchiques. Seuls les foyers rénaux restent aussi actifs que chez les témoins. Ces constatations indiquent que l'infection paratuberculeuse produit chez le Lapin, une ébauche d'immunité, dont les effets les plus caractéristiques se manifestent par une destruction accélérée des Bacilles retenus par les ganglions lymphatiques, la rate, le foie et les poumons. — M. **Tchéou Taï Chuin** : *Sur les vacuoles digestives chez le Scyphistome.* — M. **Léon Velluz** : *Sur le mécanisme de l'inactivation des toxines par les aldéhydes.*

Séance du 14 Décembre 1929.

MM. **Lœper, A. Lemaire** et **J. Patel** : *Action de l'adrénaline sur les pressions rachidienne et veineuse du Chien yohimbisé.* 1° L'hypertension rachidienne adrénalinique ne dépend en aucune façon de l'hypertension artérielle. 2° Elle semble liée à l'hypertension veineuse que provoque l'adrénaline et que la yohimbine n'inverse pas. Cette explication paraît plus vraisemblable que celle de l'hypersécrétion choroïdienne ; car l'hypertension rachidienne ne se prolonge pas au delà de la période d'action du médicament et sa variation est trop rapide pour qu'on lui reconnaisse une cause sécrétoire. — M. **M. Lemoigne** et **R. Chaminade** : *Méthode mixte pour*

la détermination du pH des milieux. Dans les cas où la méthode colorimétrique n'est pas appréciable pour les déterminations concernant la concentration des milieux en ions H, on peut employer une méthode mixte. Elle consiste à amener la solution étudiée et une solution de phosphate à un même *p*H par une méthode électrométrique très simplifiée. La valeur de ce *p*H est obtenue par colorimétrie appliquée à la solution de phosphate. — M. **V.-P. Vardé** : *L'hétérochromosome et le nucléole dans les spermatocytes du Criquet italien* (Calliptamus italicus *L.*). Dans les spermatocytes du Criquet italien, les nucléoles sont indépendants de l'hétérochromosome, mais peuvent contracter dans quelques cas des rapports, non seulement de voisinage, mais aussi de contact. Il est difficile de savoir si le nucléole cède de sa substance à l'hétérochromosome. La constitution des chromosomes dits sexuels diffère certainement de celles des autosomes. Il apparaît, néanmoins, que les substances des uns et des autres sont voisines. Il faut également tenir compte du fait que l'hétérochromosome plus volumineux que les autosomes retient les colorants avec plus d'énergie ; cette particularité est nécessaire à connaître pour bien interpréter certaines images qui pourraient faire croire à des réactions différentes de la part des uns et des autres. — MM. **V. Koulikoff, P. Smirnoff** et Mme **Bobkova** : *La régénération de l'antitoxine diphtérique inactivée par chauffage.* 1° L'ébullition du sérum antitoxique détermine la perte complète des propriétés antitoxiques et dénature les protéines du sérum. Un tel sérum, après quelques mois de conservation au froid, a récupéré partiellement ses propriétés spécifiques. 2° La réactivation d'un sérum antitoxique, inactivé par chauffage, peut être expliquée, par analogie avec ce qui se passe pour les ferments, par un lent processus de diffusion de l'antitoxine hors des particules protéiques coagulées. — M. **M. Azéma** : *Le tissu sanguin des* Polyclinidae. Les *Polyclinidae* constituent, par la constance de leurs caractères anatomiques, un groupe très homogène d'Ascidies composées. Comme chez la plupart des Ascidies, leur sang comprend des éléments circulants et des éléments fixes. Mais alors que chez la généralité des Ascidies simples et chez beaucoup de Synascidies les éléments libres constituent la majeure partie du sang, chez les *Polyclinidae* au contraire, la prédominance des éléments immobiles est très marquée. La distinction entre éléments mobiles et fixes ne peut, d'ailleurs, pas être absolument tranchée, de nombreux éléments commençant à se différencier à un état libre et achevant leur évolution à l'état fixe, ou inversement. — Mme **Véra Gouzartchik-Glarner** : *Etude* in vitro *des antivirus.* On peut admettre que les germes étudiés par l'auteur, Staphylocoque et Vibrion cholérique, incorporés à l'antivirus homologue, conservent très longtemps leur vitalité, avec tous leurs caractères morphologiques et biologiques, ainsi que, parfois leur virulence (Vibrion cholérique). — M. **D. Cordier** et **H. Magne** : *Sur le métabolisme des hydrates de carbone au cours du travail musculaire.* Chez les mammifères, la resynthèse en glycogène de l'acide lactique produit dans le travail du muscle a lieu dans le foie, par un mécanisme plus économique que celui qu'emploie le muscle de Grenouille isolé. — M. **Ch. Champy** et **E. Gley** : *Isthme thyroïdien séparé du système nerveux et resté fonctionnel chez le Lapin.* Les auteurs ont pratiqué la thyroïdectomie chez 5 Lapins, en respectant la très mince couche de tissu thyroïdien qui réunit les deux lobes de la thyroïde, cette lame de tissu étant soigneusement isolée et privée de toutes ses relations nerveuses. Or les animaux ainsi opérés et sacrifiés au bout de quelques mois, s'étaient conservés jusque-là en excellent état. On est donc forcé d'admettre que l'isthme conservé, malgré son isolement du système nerveux, a suffi à la fonction morphogénique et trophique du tissu thyroïdien. Enfin le tissu thyroïdien respecté était d'apparence tout à fait normale, et si le fonctionnement du tissu restant a été suractivé, cela ne s'est manifesté par aucune figure histologique. — MM. **E. Gley** et **E. de Kokas** : *La diminution d'excitabilité du nerf dépresseur chez le Lapin thyroparathyroïdectomisé et sa cause.* Les auteurs ont étudié les variations que l'on peut observer après la thyroparathyroïdectomie dans les effets de l'excitation du nerf dépresseur et des nerfs inhibiteurs du cœur. Pour que ces effets restent normaux, il suffit que le taux du calcium sanguin se maintienne à peu près normal ou ne s'abaisse que de quelques milligrammes ; si cette teneur tombe à la moitié environ du chiffre normal, alors l'excitabilité de ces nerfs est, sinon abolie, du moins très diminuée. — M. **Maurice Fontaine** : *De l'influence comparée de la pression sur la respiration et la photosynthèse des Algues.* Des expériences faites sur des Ulves ont montré que la photosynthèse (ou plus exactement la résultante photosynthèse + respiration) est augmentée après des pressions inférieures à 500 kg. exercées pendant une heure ; ce n'est que pour des pressions supérieures qu'elle est diminuée. Cette diminution de la photosynthèse produite par les fortes pressions, loin d'être réversible, s'accentue encore après la décompression. La photosynthèse est bien plus atteinte que la respiration. Ces résultats peuvent s'expliquer par l'augmentation de viscosité du protoplasma qui se produit sous l'action des très fortes pressions. — MM. **J.-E. Abelous** et **R. Argaud** : *Inversion réactionnelle de la substance corticale et de la substance médullaire dans les capsules surrénales abcédées.* — Mlle **M.-L. Verrier** : *Sur la biologie de quelques plantes des tourbières d'Auvergne.* La végétation d'une tourbière se montre des plus variée. On y trouve réalisées des dispositions morphologiques reconnues très généralement comme déterminée par la vie aquatique, divers types de xéromorphie et cela par des plantes qui vivent côte à côte dans un milieu bien spécial et à caractères bien définis. Il ne saurait donc être, ici, question de rechercher une convergence morphologique et l'on peut admettre que, dans ce cas, les plantes s'adaptent physiologiquement au milieu. Quant à l'existence de xérophytes vraies, il semble bien que leur répartition soit en rapport étroit avec l'acidité du milieu. Elles sont rigoureusement localisées aux points où le *p*H devient maximum. En dehors de ces vraies xérophytes, qui ne forment qu'une partie réduite de la flore de la tourbière, le *p*H et l'oxygène dissous n'ont aucune influence sur la répartition des plantes. — MM. **Ch. Oberling** et **A. Kallo** : *Troubles circulatoires du foie consécutifs à des lésions expérimentales des noyaux gris centraux.* Les auteurs ont pu démontrer

expérimentalement que des lésions des noyaux gris centraux sont susceptibles de créer des troubles circulatoires du foie. Cette constatation est très importante car il est évident que les troubles circulatoires prolongés entraînent fatalement un remaniement complet de la structure hépatique et l'on peut très bien attribuer à ce mécanisme l'hyperplasie nodulaire qui représente la lésion caractéristique du foie dans le syndrome hépato-lenticulaire. — MM. **Paul Portier** et **Marcel Duval** : *Recherches sur la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère interne des fourmilières.* 1° En été, par les fortes chaleurs, la teneur en CO^2 du gaz des fourmilières est environ quarante fois plus forte que celle de l'air normal. 2° Quand on fait des prises successives en différents points de la fourmilière, on constate qu'il existe, pour la concentration en CO^2 des variations locales assez importantes. 3° En hiver l'atmosphère interne est beaucoup moins riche que l'été en gaz carbonique. 4° En été la concentration en CO^2 est beaucoup plus élevée à l'intérieur de la fourmilière que dans le terrain voisin, à la même profondeur ; en hiver, la différence précédente peut disparaître et même s'inverser. 5° En été, si, après avoir fait une prise de gaz dans la fourmilière, on insuffle rapidement plusieurs litres d'air, la concentration en CO^2 baisse pendant quelques instants, mais remonte rapidement à la valeur primitive et la dépasse même souvent. 6° En été, la température, à l'intérieur de la fourmilière, est plus élevée que celle de l'air environnant. — Mlle **Anne Raffy** : *L'atmosphère interne des fourmilières contient-elle de l'oxyde de carbone?* Dans aucun cas l'auteur n'a pu déceler la présence d'oxyde de carbone dans l'atmosphère internes des fourmilières. — M. **R. Clogne**, Mlle **A. Courtois** et M. **R. Pierret** : *Des modifications du métabolisme protéique par absorption d'eau de la Bourboule (source Choussy).*

Séance du 21 Décembre 1929.

M. **A. Bourdin** : *Sur l'antihémolysine streptococcique du sérum de Cheval.* 1° Dans les sérums normaux humains, équins, et d'animaux les plus divers il existe une antihémolysine très active contre l'hémolysine du Streptocoque gourmeux ; 2° l'hyperimmunisation des Chevaux contre le Streptocoque gourmeux n'augmente pas la teneur en antihémolyse de leur sérum ; 3° contrairement à ce qui est constaté pour les antitoxines qui sont fixées aux pseudoglobulines cette antihémolysine est liée aux euglobulines du sérum. — M. **P.-J. Sadovsky** : *Essais d'immunisation de poulains contre la gourme au moyen de la toxine streptococcique gourmeuse.* Les poulains qui reçoivent la toxine streptococcique gourmeuse, soit par la voie sous-cutanée, soit par la voie intra-cutanée, montrent une certaine résistance à l'infection expérimentale ou spontanée. Les poulains ainsi immunisés ne présentent plus de réaction cutanée à l'inoculation dermique de la toxine gourmeuse ; cette absence de réaction ne pouvant cependant indiquer une immunité certaine contre la gourme. — M. **A. Chauchard** et Mme **B. Chauchard** : *Modifications de l'excitabilité d'un nerf centripète consécutive à des interventions sur d'autres nerfs. Durée de ces modifications.* L'excitabilité d'un neurone centripète est susceptible d'être influencée à distance par des excitations portées sur d'autres neurones, qu'il s'agisse de stimulus temporaire ou de lésions définitives. Ces perturbations se manifestent par des augmentations ou des diminutions de la chronaxie et par des modifications des lois d'excitabilité des centres. Dans tous les cas observés ces modifications ont présenté un caractère transitoire. — M. **A. Saenz** : *Sur la perméabilité de la muqueuse digestive du Cobaye au Bacille bilié de Calmette et Guérin.* Quel que soit le mode suivant lequel il est administré au Cobaye *per os*, on ne peut mettre en doute que le B.G.G. traverse la muqueuse digestive sans créer la moindre lésion tuberculeuse locale, ganglionnaire ou viscérale. Les germes disséminés par la lymphe et par le sang conservent leur vitalité pendant plus d'un an dans les organes où ils se fixent ; mais leur activité se traduit uniquement par la sensibilité du derme à la tuberculine. — M. **A. Saenz** : *Sur l'infection tuberculeuse du Cobaye par ingestion de Bacilles virulents.* Les Bacilles tuberculeux virulents administrés *per os*, provoquent constamment chez le Cobaye adulte, même à la dose relativement faible de 1 mgr., une infection chronique typique, dont l'évolution, compatible jusque dans ses derniers stades avec un excellent état général, peut se prolonger pendant plus d'une année. Comme chez les Cobayes qui ont ingéré 10 ou 20 mgr. de B.C.G., la sensibilité du derme à la tuberculine, engendrée par l'infection tuberculeuse d'origine digestive, débute entre le 30e et le 50e jour qui suit le repas virulent ; elle augmente rapidement ensuite et devient hémorragique et nécrotique vers le 4e mois. En général elle conserve la même intensité jusqu'à la dernière période de la maladie. — MM. **A.-A. Zamhof** et **M.-L. Rokhlina** : *La durée moyenne du cycle sexuel des femelles chez les Souris blanches.* Les auteurs ont observé chez quelques Souris, une alternance régulière des œstrus et des intervalles ; l'œstrus commençait régulièrement le jour propre à cet animal. Chez d'autres, on ne voyait pas cette régularité ; un cycle pouvait durer 4 jours, un autre 6 ou 7. La durée de l'œstrus et du diœstrus varie parfois chez la même Souris. — MM. **Ch. Achard**, **M. Bariéty** et **A. Codounis** : *L'équilibre protéique du sérum comparé dans le sang de la mère et le sang du cordon ombilical.* A) Chez la femme, l'équilibre protéique est sensiblement celui de l'adulte normal ; il existe cependant une tendance à la diminution légère de la sérine ; B) dans le sang du cordon : *a*) l'hypoprotéinémie est constante ; *b*) la sérine est sensiblement normale ; *c*) la glubulie est habituellement abaissée, et souvent d'une façon très notable ; cette hypoglobulinémie explique à la fois l'hypoprotéinémie totale et l'élévation du coefficient albumineux. — MM. **Ch. Achard** et **A. Arcand** : *Sur le rapport des protéines et des lipides dans le sérum sanguin.* Les observations faites par les auteurs sur un certain nombre de sujets atteints de diverses affections ne montrent pas qu'il y ait, comme on l'a souvent prétendu, un rapport inverse entre le taux des protéines et celui des lipides du sérum. Si on calcule ce rapport $\frac{\text{protéines}}{\text{lipides}}$, on voit qu'il présente des variations considérables (entre 2 et 23,2). Ce n'est donc pas dans la simple comparaison des pro-

téines totales et des lipides totaux qu'on peut trouver la raison des modifications pathologiques de l'équilibre protéinique et l'équilibre lipidique du sérun sanguin. — M. **Edouard Fischer-Piette** : *Ralentissement et arrêt expérimental de la croissance de cultures de tissus.* Les solutions actives de glucose (système G') ont une action marquée sur les cultures de tissus. Cette action consiste, dans les expériences faites par l'auteur sur le cœur de l'embryon de Poulet, en l'obtention d'une moindre rapidité ou d'un arrêt complet de la croissance des cultures. — M. **Fernand Mercier** et **G. Valette** : *Pseudococaïne droite et cocaïne gauche : essais comparés d'anesthésie générale sur les Epinoches.* Le chlorhydrate de pseudococaïne droite est plus actif que le chlorhydrate de cocaïne ordinaire comme anesthésique général sur les Epinoches. Sur ces Poissons, le pouvoir anesthésique relatif du chlorhydrate de pseudococaïne droite est en moyenne 2,5 si on prend comme unité le pouvoir anesthésique du chlorhydrate de cocaïne gauche. — M. **Paul Wintrebert** : *Les voiles gris, premiers territoires ectodermiques de grande multiplication et leur mode d'extension sur l'œuf* de Discoglossus pictus *Otth.* — M. **M. Belin** : *Contribution à l'étude de la pyothérapie mettant en œuvre le pus non stérilisé.* 1° L'absence de réaction générale et la bénignité des lésions locales dans la pyothérapie utilisant le pus non stérilisé du malade, est due à l'action du pus agissant sur les éléments conjonctifs et sur la phagocytose. 2° Cette action du pus, permettant à l'organisme de supporter sans réaction générale et seulement avec des réactions locales bénignes l'injection des microbes virulents paraît devoir rendre des services au point de vue immunisation antimicrobienne, comme les auteurs l'ont constaté, notamment chez des Chevaux producteurs de sérum antistreptococcique. — MM. **M. Loeper, A. Lemaire** et **J. Patel** : *Action de l'éphédrine sur les pressions rachidienne et veineuse du Chien avant et après yohimbinisation.* L'injection intraveineuse de 5 mgr. de chlorhydrate d'éphédrine naturelle provoque, en même temps qu'une hypertension carotidienne durable, une hypotension rachidienne de courte durée. Sur le même animal yohimbinisé, l'injection d'une nouvelle dose de 5 mgr. d'éphédrine provoque, sur les pressions rachidienne et veineuse, un effet hypotenseur à peu près égal : par contre l'hypertension carotidienne est pratiquement supprimée. C'est donc indépendamment de la pression artérielle qu'agit l'éphédrine sur la tension rachidienne, mais c'est vraisemblablement par suite de son effet sur la pression veineuse. Son action est inverse de celle de l'adrénaline : l'adrénaline augmente notablement les pressions rachidienne et veineuse même après yohimbinisation ; l'éphédrine diminue dans une proportion beaucoup moindre les pressions rachidienne et veineuse, avant comme après yohimbinisation.

Séance du 4 Janvier 1930.

MM. **Etienne Chabrol, R. Charonnat, M. Maximin** et **A. Bocquentin** : *Recherches expérimentales sur l'action cholérétique de certains acides-phénols.* La fonction phénol intervient incontestablement dans l'apparition des propriétés cholagogues des acides aromatiques. Toutefois, il ne faudrait pas voir en elle une condition suffisante de la cholérèse ; le tribromophénate de sodium et le diiodoparaphénol-sulfonate de sodium sont restés sans action favorable dans deux expériences, et cet échec a souligné, une fois de plus, le rôle cholérétique du carboxyle CO^2H sur lequel les auteurs ont déjà insisté. — M. **A. Chweitzer** : *Dispositif permettant la mesure des temps au chronoscope, par double fermeture ou double rupture.* — M. **Ernst Friedheim** et Mme **Nadia Roukhelman** : *Action de l'insuline étudiée en culture de tissus.* Il résulte des expériences des auteurs que l'insuline agissant directement sur des cellules embryonnaires mésenchymateuses cultivées *in vitro* est sans influence sur la formation du glycogène, et loin d'augmenter la consommation du glucose, la diminue. Cette diminution va de pair avec une influence gênante sur la croissance *in vitro*. — M. **Ernst Friedheim** et Mme **Nadia Roukhelman** : *Sur la consommation du glucose par des tissus cultivés* in vitro. La diminution de la consommation de glucose apparaît comme un symptôme non spécifique de mauvaises conditions de croissance et de survie, pouvant résulter de facteurs nocifs les plus divers, spécifiques ou non spécifiques. — M. **Alphonse Labbé** : *Réaction du tissu conjonctif au goudron chez un Mollusque.* Doris tuberculara *Cuvier*. Le goudron paraît produire chez les Doris un processus cancérigène d'origine fibroblastique, différant en beaucoup de points de celui des Mammifères. C'est ainsi, par exemple, que, chez la Doris, les fibroblastes ont donné naissance à un nouveau tissu indifférencié, à cytoplasme basophile, qui paraît s'accroître par migration de nouveaux amoebocytes, au lieu que les papillomes des tumeurs au goudron des Mammifères ont un début malpighien et une prolifération originelle par mitose. — Mme **Marguerite Lwoff** et M. **André Lwoff** : *Les constituants de l'appareil parabasal chez* Leptomas tecnocephali *Fanth. Le cycle du corps parabasal.* L'appareil parabasal comprend deux parties bien distinctes : le corps parabasal proprement dit et un dérivé centrosomien, autonome ou non, que les auteurs ont appelé « parabasosome ». Le corps parabasal peut se reproduire par clivage longitudinal, mais dans beaucoup de cas il est formé *de novo* au contact du parabososome. Chez tous les Flagellés, le stade initial du corps parabasal est toujours en connexion avec le parabososome. Ces connexions peuvent être secondairement rompues, mais le corps parabasal séparé de son parabasosome est fatalement voué à la dégénérescence et ne saurait retrouver, par la suite, ses connexions primitives. Le corps parabasal, l'étude de ses connexions et de sa genèse le prouve, fait partie de la cinétide et ne saurait être homologué à des constituants cytoplasmiques comme l'appareil de Golgi, les lépidosomes ou les mitochondries.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 4-3